N1

inra

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES ET VETERINAIRES DE THEIX

C. N. R. A.
24 FEV. 1986

BTT-63

BULLETIN TECHNIQUE

N°62 DECEMBRE 1985

trimestriel

ISSN 0395 - 7519

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

p. 1497

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

ET VETERINAIRES DE THEIX

BULLETIN TECHNIQUE

N°62 DECEMBRE 1985

C.R.Z.V. de Theix _ 63122 CEYRAT _ Tel. (73) 92.42.63

RAPPEL

BULLETIN TECHNIQUE C.R.Z.V. THEIX
(21 910)

ABONNEMENT POUR L'ANNEE 1986

120,00 F T.T.C. (France)
165,00 F (Etranger)

à retourner à :

INRA - Service des Publications
Rte de St Cyr - F 78000 Versailles

Bulletin technique C.R.Z.V. Theix - 21910

1986 ABONNEMENT (4 numéros / an) France 120 F
SUBSCRIPTION (4 issues per year) Etranger
Abroad 165 F

NOM ou RAISON SOCIALE de l'organisme payeur :

Nombre d'abonnements demandés :

DESTINATAIRE (S)

Nom (Name) :

Organisme (Organization) :

Adresse (Address) : Pays :

Code postal (Zip code) :

Fourniture éventuelle des collections des années antérieures ☐
(4 numéros par an)

Date
Signature
(ou cachet)

Paiement ci-joint ☐
Enclosed payment ☐

Règlement sur facture ☐
Invoice requested ☐

Paiement à l'ordre du Régisseur des Publications C.C.P. 9064 - 43 V Paris
Payment should be made to Régisseur des Publications.

Code postal (Zip code) :

Adresse (Address) :

Organisme (Organization) :

Nom (Name) :

DESTINATAIRE (2)

Nombre d'abonnements demandés :

Sommaire

Facteurs prédisposants de la non délivrance : synthèse des observations dans 2 élevages INRA
Michelle CHASSAGNE et M. BROCHART 5

Utilisation de la technique dite des « 2 sacs » en production du veau de boucherie
R. TOULLEC et Y. MANIS 13

Utilisation de foins humides traités à l'ammoniac par des vaches laitières
J.P. DULPHY, J. ROUEL et J. BONY 19

Utilisation du blé par les vaches laitières : influence de la forme de présentation
J.B. COULON, M. DIDI et B. REMOND 27

Pâturage en zone de montagne : niveaux de chargement et de complémentation pour des vaches laitières
J.P. GAREL et A. HODEN 35

Influence de l'incorporation de drèches de brasserie ensilées sur les performances des vaches laitières
P.R. PARRASSIN et R. VERITE 47

Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2. Taux protéique : facteurs généraux
B. REMOND 53

Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique
A. HODEN, J.B. COULON et J.P. DULPHY 69

Evolution *post-mortem* des gras animaux : la lipolyse
J.P. GIRARD et C. BUCHARLES 81

La translocation 1-29 chez les bovins : distribution, effets, procédure d'éradication
J.L. FOULLEY et J. FREBLING 93

Articles scientifiques parus en 1984 103

Articles techniques parus en 1984 109

NOTE

Actualisation des teneurs en PDI de certaines matières premières riches en protéines

D. SAUVANT*, M. JOURNET** et R. VERITE**

** INAPG-INRA, 16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05*
*** INRA St-Gilles, Station de Recherches sur la Vache laitière, 35590 L'Hermitage*

Un groupe de travail de la CIIAA (1) s'est réuni depuis plusieurs mois pour procéder à une actualisation de la composition et de la valeur PDI des principales matières premières riches en protéines. Cette note résume les principales conclusions et valeurs proposées par ce groupe.

Depuis la publication du « livre rouge INRA » (1978) des valeurs PDI des aliments pour ruminants, l'évolution des nomenclatures commerciales et des compositions ainsi que les nouveaux acquis de la Recherche nécessitent une actualisation.

Avant la révision générale, prévue pour début 1987, des valeurs PDI de l'ensemble des aliments ainsi que de leur méthode de calcul, il est apparu nécessaire de proposer de nouvelles références de composition et de valeur azotée des matières premières riches en protéines les plus courantes.

1. Composition chimique des principales sources de compléments azotés

Les principaux groupes industriels ont mis à la disposition du groupe de travail leurs résultats analytiques de l'année 1984. Ces données ont été synthétisées dans le tableau 1.

2. Valeur PDI du tourteau de soja

Une dégradabilité dans le rumen de 54,5 p.100 des matières azotées avait été utilisée pour le calcul de la valeur PDI du tourteau de soja dans les tables d'alimentation des ruminants (1978). Une valeur révisée de 58,5 p.100 est proposée. Elle résulte de la compilation des résultats obtenus jusqu'à ce jour par différentes équipes de recherche. Ces résultats concernent, d'une part, des mesures *in vivo* du flux d'azote duodénal et, d'autre part, des cinétiques de dégradabilité *in sacco* en tenant compte de la vitesse de sortie des particules du rumen, plus élevée chez les bovins en production et les vaches laitières alimentés au voisinage d'un niveau à volonté. Cette dégradabilité de 58,5 p.100 conduit aux valeurs PDI du tableau 1 qui correspondent à une diminution de 6 à 7 p.100 des valeurs PDIE et d'environ 2 p.100 de la valeur PDIN.

3. Valeur PDI de quelques autres matières premières riches en protéines

La valeur PDI des sources protéiques du tableau 1 ont été calculées sur les bases suivantes de valeurs de fermentescibilité *in vitro* des matières azotées :

. tourteau de soja : 0,36 (dégradabilité *in vivo* de 58,5 p.100)
. tourteau de tournesol : 0,41 (VERITE, SAUVANT, 1981)
. tourteau de colza : 0,30
. tourteau de lin : 0,45
. farine de viande : 0,20 à 0,25 (VERITE, 1983, non publié)

4. Correction à apporter à la valeur PDI des aliments composés contenant des tourteaux tannés

Le calcul de la valeur PDI des aliments composés selon la formule proposée en 1981 par R: VERITE et D. SAUVANT (prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, p. 279) (tabl. 2) conduit à une sous-estimation de la valeur PDI lorsque ces aliments contiennent des tourteaux tannés. Une correction avait été proposée pour un mélange de tourteaux de soja-colza dans la proportion 1 / 1.

Les corrections à apporter pour des aliments composés contenant un seul tourteau (soja ou colza) ou un mélange des 2, en proportion connue, sont pour 100 g de matières azotées de tourteau correctement tanné (par kg de matière organique d'aliment composé).

. pour du tourteau de soja :	+	18 g de PDIE
	+	8 g de PDIN
. pour du tourteau de colza :	+	10 g de PDIE
	+	0 g de PDIN

NB : L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que des valeurs PDI de tourteau de soja différentes de celles rapportées ci-dessus ont été diffusées par certains groupes industriels.

(1) Commission Interprofessionnelle Interministérielle de l'Alimentation Animale, présidée par le Professeur R. FERRANDO.

TABLEAU 1

Révision de la composition (1) et de la valeur azotée des matières premières riches en protéines (g / kg)

		SUR BRUT							SUR SEC	
	Humidité	MM	MAT	PDIA	PDIMN	PDIME	PDIN	PDIE	PDIN	PDIE
T. Soya 50	123	64	477	179	156	56	335	235	382	267
T. Soya 48	115	64	460	172	150	56	323	228	365	258
T. Soya 46	121	65	444	166	145	55	311	222	354	252
T. Soya 44	130	65	425	158	139	54	298	213	343	245
T. Tournesol (desh)	102	67	317	103	109	41	213	145	237	161
T. Colza	109	70	350	127	107	47	234	174	263	195
T. Lin EXP	99	60	322	86	116	50	202	136	224	151
F. Viande 50 G	51	295	511	221	137	42	359	263	377	277
F. Viande 55 G	49	251	552	239	148	45	387	283	407	298
F. Viande 50 D	70	346	516	223	139	38	361	260	389	280
F. Viande 55 D	75	282	560	242	151	41	392	283	424	306
F. Viande 60 D	81	237	613	248	176	44	424	292	461	318

(1) Source : CCPA, COFNA, GMP, CIEERNA, GUYOMARCH, SANDERS, UCAAB (résultats synthétisés par D. SAUVANT).

TABLEAU 2

Equation de prévision des valeurs PDI (g / kg MO) *des aliments composés* (R. VERITE, D. SAUVANT, 1981)

$$\frac{PDIN}{MO} = 0{,}744 \ \frac{MAT}{MO} - 0{,}20 \ \frac{MAT}{MO} \times S + 1{,}2$$

$$\frac{PDIE}{MO} = 0{,}514 \ \frac{MAT}{MO} - 0{,}48 \ \frac{MAT}{MO} \times S - 0{,}08 \ \frac{CB}{MO} + 68{,}8$$

avec

- MO : matière organique
- $\frac{MAT}{MO}$: matières azotées totales (N x 6,25) en g/kg MO
- S : solubilité de l'azote (0 S 1)
- $\frac{CB}{MO}$: cellulose brute en g/kg MO

VERITE R., SAUVANT D., 1981. Prévision de la valeur nutritive azotée des aliments concentrés pour les ruminants. In *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*. Ed. INRA Publications, Route de St-Cyr, 78000 Versailles.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 5-11

Facteurs prédisposants de la non-délivrance : synthèse des observations dans 2 élevages INRA

Michelle CHASSAGNE et M. BROCHART

INRA-CRZV Theix, Laboratoire d'Eco-Pathologie, 63122 Ceyrat

La non-délivrance est décrite comme l'absence de dissociation totale entre cotylédons foetaux et maternels dans les 12h qui suivent la naissance du veau (WETHERILL, 1965). Cependant, certains auteurs considèrent un laps de temps de 24 h nécessaire à un tel détachement (BADINAND, 1984).

Sur 100 symptômes relevés chez la vache laitière au cours de l'Enquête Eco-Pathologique Continue (EEPC), 13 ont été une rétention du placenta. Une telle fréquence, voisine de celle de 11 p.100 rapportée par ERB et MARTIN (1978), a situé cette pathologie au 2ème rang des grandes pathologies cliniques de troupeau après les mammites (BARNOUIN *et al.*, 1983).

D'une importance variable selon les élevages (de 0 à 50 p.100 par rapport au nombre de vêlages), les années, les saisons, elle constitue surtout un problème par ses répercussions économiques (chutes de production laitière, de fertilité), et sur la santé des animaux atteints (FAYE *et al.*, 1985). Ses fréquences aléatoires, à répétabilité faible comparée à celle des mammites et des boîteries (résultats de l'EEPC non publiés), laissent supposer une étiologie multifactorielle, liée à l'animal lui-même mais aussi à l'environnement, notamment aux conditions climatiques.

Elle est particulièrement fréquente lors de gestations gémellaires, d'avortements, notamment brucelliques, de fièvre vitulaire, de dystocies, suite à une gestation raccourcie ou allongée (GRUNERT, 1980). A ces circonstances les plus fréquentes, il faut ajouter certains facteurs de risque agissant tels que l'âge, la race et l'alimentation, laquelle intervient sur la possibilité qu'a l'animal de mener à bien la troisième phase du vêlage que constitue l'expulsion du placenta. Nous rappelons que les deux premières phases sont la préparation (contractions, ouverture du col) d'une part, l'expulsion du fœtus d'autre part.

Selon GRUNERT (1980), des processus mécaniques au niveau des placentômes, tels une dissociation insuffisante lors de vêlage avant terme, un œdème des villosités, une nécrose de l'épithélium chorionique, une involution trop précoce, une hyperémie, une inflammation, feraient de la rétention du placenta le symptôme clinique de troubles antérieurs, métaboliques et endocriniens, de déficits nutritionnels, d'infection.

L'inertie utérine provoquerait aussi le défaut d'expulsion du placenta malgré un détachement des cryptes cotylédonnaires accompli.

Nous rapporterons dans ce texte l'étude, sur 665 vêlages, de **l'importance des** facteurs âge de la mère au vêlage, durée de gestation, nombre de veaux, poids de veaux, absolu et relatif au poids de la mère, suite à l'observation que nous avons faite lors de 7 campagnes dans 2 exploitations INRA, et, sur 284 vêlages, de deux facteurs alimentaires que nous considérons comme étant susceptibles d'agir sur l'apparition de cette pathologie : *l'apport énergétique et l'apport en acides gras polyinsaturés* pendant la période sèche. Nous pensons en effet que l'apport énergétique pendant la période sèche d'une part, qui a une influence sur l'état corporel au vêlage, et l'apport en acides gras polyinsaturés, précurseurs ou inhibiteurs de synthèse de Pg F2 alpha qui intervient dans le déroulement du vêlage, d'autre part, sont deux facteurs à prendre en compte pour une expulsion normale du placenta. PgF2 alpha, dont la teneur plasmatique est basse pendant la gestation, augmente en effet deux jours avant le vêlage, et provoque la régression du corps jaune de gestation, contribuant ensuite à l'ouverture du col et aux contractions utérines pendant le vêlage.

Dans la mesure où l'expulsion du placenta a lieu en moyenne dans les 6h qui suivent la naissance du veau dans 80-90 p.100 des cas (MAAS, 1982), nous avons considéré qu'une femelle qui n'avait pas délivré dans les 12h manifestait une non-délivrance.

I. Conditions de l'étude

1- 810 vêlages ont eu lieu au cours des 7 campagnes suivies dans deux exploitations INRA : 723 vaches ont donné naissance à un seul veau, 87 à deux ou trois veaux. Les caractéristiques de conduite sont précisées dans le tableau 1.

2- au cours de 3 de ces campagnes, des prises de sang ont été faites dans la mesure du possible, 7 jours avant la date présumée du vêlage, à la naissance du veau (dans tous les cas avant la déli-

vrance), et 12-24 heures après la mise-bas, c'est-à-dire après l'expulsion du placenta ou au diagnostic de rétention placentaire.

3- les analyses plasmatiques effectuées ont été : - le glucose, les acides gras libres, le béta-hydroxybutyrate et le cholestérol comme témoins de l'état énergétique ; - le métabolite principal de Pg F2 alpha (PGFM) comme témoin de synthèse de cette prostaglandine (GRANSTROM et KINDAHL, 1978).

TABLEAU 1

Caractéristiques de conduite des deux élevages

	THEIX	BRESSONVILLIERS
Nb. de vêlages annuels moyens	110	123
Calendrier des vêlages	Octobre à Avril	Aout à Décembre
Type de stabulation	Entravée	Libre
Prod. laitière moyenne	6360 Kg	5260 Kg
Alimentation période sèche	Ensilage de maïs	Ensilage d'herbe Ensilage de maïs

4- les résultats ont été analysés par analyse discriminante et analyse de variance à 1 facteur pour l'étude des paramètres zootechniques considérés, le test de Chi 2, et le test « t » de Student pour les paramètres plasmatiques.

Nous distinguerons les risques liés à l'animal et ceux liés à son environnement.

II. Résultats

A. Les risques liés à l'animal

Le taux global de rétention placentaire (20,6 p.100), moyenne de taux respectifs de 14,1 p.100 à Theix et de 27,2 p.100 à Bressonvilliers, montre que cette pathologie est importante dans les troupeaux laitiers. Il confirme les données de ARTHUR (1979) et MEYERHOLZ (1981) qui affirment qu'elle affecte particulièrement les races laitières et est rare chez les races allaitantes, tout comme la fièvre vitulaire, pathologie des fortes productrices à laquelle elle est souvent associée.

L'analyse discriminante des données zootechniques nous a permis d'expliquer la non-délivrance à travers le nombre de veaux nés, l'âge de la mère, la durée de gestation, le poids de veaux et leur poids par rapport à celui de la mère. Les deux populations de vaches, à non-délivrance et à vêlage normal, sont caractérisées par les moyennes des paramètres considérés présentés dans le tableau 2. Nous constatons une différence significative pour chacun d'eux.

1. Les naissances multiples

C'est le nombre de veaux mis bas qui différencie le mieux les 2 populations d'animaux (F = 86,7 ; tabl. 2).

Nous observons que 60 p.100 des mises-bas de jumeaux ou triplés sont suivies d'une rétention des annexes alors que seulement 16 p.100 des vêlages simples le sont ($P < 0{,}001$; tabl. 3). Les durées de gestation étant inférieures de 8 jours ($P < 0{,}001$), les rétentions placentaires qui surviennent alors peuvent être la conséquence de l'insuffisance de maturité des cotylédons que GRUNERT (1980) invoque comme étiogénie. Elles peuvent être aussi consécutives à des difficultés de vêlage accrues par un volume fœtal trop important. Le poids absolu des veaux et le poids des veaux relatif à celui de la mère, sont alors plus élevés, en moyenne, 62 kg et 10,7 p.100 contre 44 kg et 7,2 p.100 lors de vêlage simple ($P < 0{,}01$). MATTON *et al.* (1979) attribuent l'incidence élevée dans de telles conditions à un stress plus fort, reflété selon eux par une cortisolémie plus haute, stress associé à une chute moins rapide de progestérone sécrétée pendant la gestation par deux ou plusieurs corps jaunes. La conjugaison de ces deux états entraverait là dissociation cotylédonnaire.

2. L'âge

Les vaches à rétention placentaire ont un numéro de lactation moyen significativement plus élevé que les vaches à délivrance normale ($P < 0{,}01$; tabl. 2). Ce résultat est en accord avec l'affirmation de DYRENDAHL *et al.* (1977), selon lesquels les vaches plus vieilles sont plus sensibles à cette pathologie.

TABLEAU 2

Caractéristiques au vêlage des vaches avec et sans non-délivrance

	N° Lactation	Durée de Gestation	Nb. moy. de Veaux	Poids de Veaux (kg)	Poids relatif
Vêlage normal n=526	3,1 ± 2,1	280 ± 4,9	1,0 ± 0,2	42,0 ± 7,0	7,0 ± 1,4
Non-délivrance n=139	4,4 ± 2,5	276 ± 7,1	1,2 ± 0,4	46,7 ±12,5	8,2 ± 2,3
Signif.	**p < 0,01**	**p < 0,01**	**p < 0,01**	**p < 0,01**	**p < 0,01**

Durée de gestation en jours Poids relatif du veau en p.100

Cette influence de l'âge ne se retrouve cependant pas lors de vêlage simple. Néanmoins, nous remarquons alors que les fréquences de rétention du placenta varient avec le numéro de lactation, bien que cette variation ne soit pas significative (tabl. 4). Il semble exister un risque plus élevé au premier vêlage et à partir du 4ème. WETHERILL (1965) considère que c'est à ces âges là que les risques sont maximum, et CHANTELLES (1985) attribue le risque moindre en 2ème lactation (effet L2) à une croissance terminée par rapport au 1er vêlage.

TABLEAU 3

Fréquences des non-délivrances selon le nombre de veaux

Vêlages	simples n=599	multiples n=66	Signification
% de non-délivrance	16,4	62,6	p < 0,001
Durée de gestation (en jours)	279 ± 6	271 ± 13	p < 0,01
Numéro de lactation	3,1 ± 1,6	3,7 ± 2,0	p < 0,01
Poids de veau(x) (kg)	44,1 ± 8,7	62,5 ± 10,2	p < 0,01
Poids de veau(x)/ Poids de la mère (p.cent)	7,2 ± 1,7	10,7 ± 1,9	p < 0,01

TABLEAU 4

Fréquences des non-délivrances en fonction du numéro de lactation (vêlages simples)

No lactation	1	2	3	⩾ 4
Nb. de vêlages	163	170	111	279
% non-délivrance	16,5	9,7	18,8	19,4

3. Le poids de (s) veau (x)

Le poids de veau (x) mis-bas lors de vêlage suivi de rétention annexielle est significativement plus élevé que dans le cas d'expulsion normale du placenta (tabl. 2). Une telle différence ne se retrouve pas, suite à des vêlages simples. C'est seulement au 2ème vêlage et à partir du 5ème que le veau est plus lourd lors de non expulsion du placenta (fig. 1).

La pratique de l'insémination artificielle permet de choisir la race du père en fonction de la production souhaitée. Elle peut toutefois conduire à une disproportion mère - fœtus et contribuer ainsi à des mises-bas dystociques dues à un volume fœtal trop important par rapport à la taille de la mère. Ainsi, CHANTELLES (1985) a observé que lorsque le poids de veau excède 7 p.100 du poids de la mère, la fréquence de non-délivrance est significativement supérieure à celle mesurée pour un poids relatif inférieur.

4. Le poids relatif de (s) veau (x)

Il est significativement différent selon le mode d'expulsion du placenta ($P < 0,01$; tabl. 2). Cependant, dans le cas de la naissance d'un seul veau, une telle différence n'existe pas. Ce n'est qu'au 2ème vêlage et à partir du 4ème que des poids relatifs du veau sont plus élevés lors de rétention du placenta (fig. 2).

5. La durée de gestation

Elle est plus courte de 4 jours lors de non-délivrance ($P < 0,01$; tabl. 2). Cependant, lorsque l'on ne considère que les vêlages simples, la durée de la gestation des vaches qui retiendront leur placenta plus de 12 heures est la même que celle des vaches qui l'expulseront. Dans ce cas encore, nous voyons que, sauf pour le 2ème vêlage, la gestation est légèrement plus courte lors de rétention (fig. 3).

En conclusion, nous pouvons considérer que parmi les facteurs de risque pris en compte dans notre étude, le facteur qui apparaît le plus important semble être le nombre de veaux mis bas, lequel a alors des répercussions sur la durée de la gestation, le poids de veau (x) et, suivant le numéro de lactation de la mère, le poids relatif de veau (x). Dans le cas de veau unique, le poids du veau et son poids relatif à celui de la mère n'apparaissent pas être déterminants. D'autres facteurs (âge au premier vêlage, production laitière, durée de la période sèche), auraient mérité d'être considérés. Nous avons plutôt envisagé des facteurs environnementaux comme risques liés à la conduite d'élevage dont les deux qui nous paraissaient intéressants, l'état énergétique de la mère au périvêlage et son état endocrinien, particulièrement le niveau de PgF2 alpha circulante qui peut être influencé par l'alimentation.

B. Les risques liés à la conduite d'élevage

L'intensification de l'élevage moderne permet l'utilisation de techniques qui peuvent amplifier des facteurs de risque de la non-délivrance par ailleurs déjà mis en évidence. Parmi ceux-ci, on peut citer certains traitements de maîtrise des cycles sexuels utilisant la PMSG, l'induction du vêlage, un premier vêlage précoce, le choix d'un taureau trop lourd pour l'insémination artificielle et l'utilisation de rations complexes dont les équilibres azoté, énergétique et minéral peuvent être difficiles à maîtriser. De ce fait, des superovulations fortuites, un déséquilibre endocrinien de la mère, une préparation insuffisante du vêlage, sont susceptibles de conduire à des difficultés de mise-bas dues à une immaturité de l'unité fœto-placentaire ou une inertie utérine plus ou moins prononcée.

1. L'alimentation avant le vêlage

L'étude de son effet a porté sur 284 vêlages au cours desquels nous retrouvons les facteurs prédisposants liés à l'animal (âge, nombre et poids de veaux).

Nous constatons que les vaches qui ne délivreront pas dans les 12 heures suivant la naissance ont des glycémies plus faibles ($P < 0,01$), des concentrations en acides gras libres et béta-hydroxybùtyrate plus élevées ($P < 0,05$ et $P < 0,01$ respectivement ; fig. 4a) 7 jours avant la mise-bas. De telles différences se retrouvent dans les 12 heures suivant la naissance en ce qui concerne le glucose et le béta-hydroxybutyrate ($P < 0,01$ et $P < 0,05$ respectivement ; fig. 4b), et seulement pour les acides gras libres 12-24 heures après la mise-bas ($P < 0,05$; fig. 4c) lors de naissance simple.

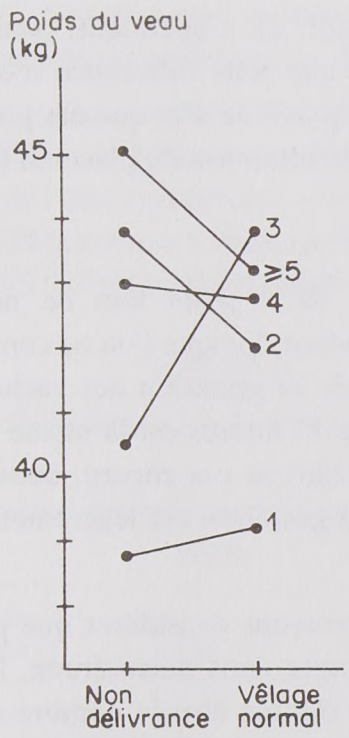


FIG. 1 : *Poids du veau en fonction du mode de délivrance et du nº de vêlage*

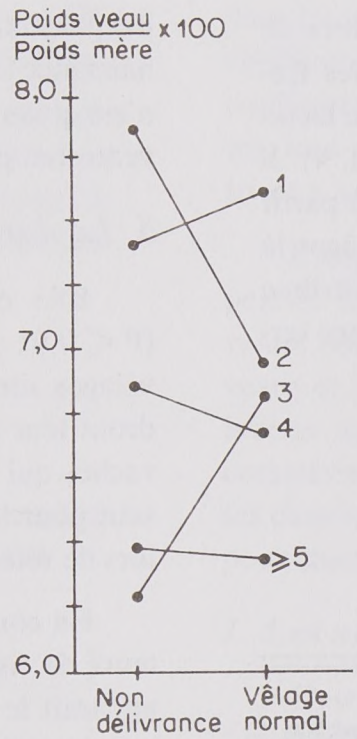


FIG. 2 : *Poids relatif du veau en fonction du mode de délivrance et du nº de vêlage*

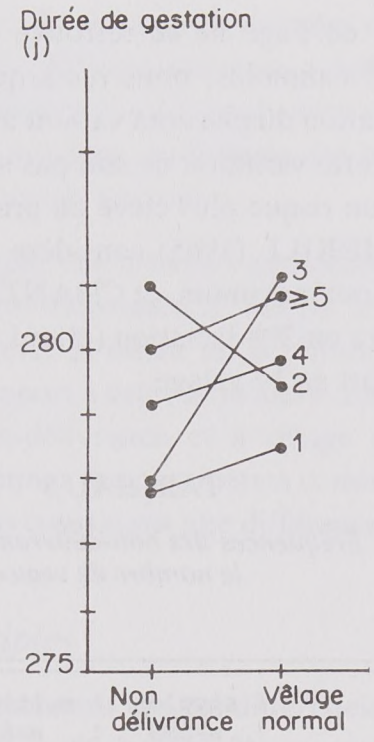


FIG. 3 : *Durée de la gestation en fonction du mode de délivrance et du nº de vêlage*

Parmi ces 284 mises-bas, 162 ont eu lieu alors que les femelles recevaient une ration à base d'ensilage de maïs pendant la période sèche ; 33 d'entre elles recevaient moins de 7 kg de M.S. de cet aliment par jour. Les 122 autres ont eu lieu suite à une alimentation à base du mélange ensilage d'herbe - ensilage de maïs à raison de 9,5 kg de MS quotidiennement pendant cette même période.

L'apport énergétique de la ration dans la période précédant le vêlage, l'état corporel de l'animal au vêlage, ont-ils une incidence sur son déroulement ? Compte tenu du facteur nombre de veaux nés mentionné précédemment, nous avons fait porter cette étude sur les vêlages simples uniquement. Dans ce cas, et alors que les vaches recevaient plus ou moins de 7 kg de MS d'ensilage de maïs selon le groupe (expérience réalisée par le Laboratoire de la Lactation), il n'est pas apparu de différences significatives entre les deux groupes d'animaux, des fréquences de rétention placentaire malgré des glycémies et un taux d'hydroxybutyrate significativement différents ($P < 0,05$ et $P < 0,01$ respectivement ; tabl. 5). Par contre, en prenant en compte les vêlages multiples, la différence entre les fréquences de non-délivrance est significative au seuil de 5 p.100.

TABLEAU 5

Niveau d'alimentation avant vêlage et sécrétion de Pg F2 alpha *au vêlage*
(vêlages simples)

Niveau Alimen. avant vêlage	> 7 Kg. m.s.	⩽ 7 Kg. m.s.	Signification
Nb. vêlages	54	26	
non-délivrances	5	4	
Glycémie mg/100 ml	65,2 ± 4,8	46,6 ± 9,2	p < 0,001
Engraissement moyen au vêlage	2,3 ± 0,7	1,4 ± 0,9	p < 0,001
PGFM au vêlage pg/ml	5416 ± 3124	4970 ± 2180	NS

La conjonction d'une sous-alimentation avant le vêlage et de gestation multiple conduit les animaux à une mobilisation intense de leurs réserves et une déplétion énergétique plus importante. L'état d'engraissement moyen (déterminé à partir de la grille INRA-ITEB) dans chacun des groupes était différent ($P < 0,001$).

Dans l'ensemble, nous pouvons considérer que l'état énergétique de ces vaches était déficitaire avant le vêlage. Un tel état a été d'ailleurs mentionné comme néfaste et facteur de risque de la non-délivrance dans les conclusions de l'Enquête EDE Bretagne-Pays de Loire.

Un état pléthorique de l'alimentation semble être lui aussi à proscrire pendant la période sèche. BADINAND et SENSEN-BRENNER (1984) ont constaté que 2/3 des vaches manifestant une rétention du placenta arrivaient trop grasses au vêlage. MORROW *et al.* (1979) rapportent des fréquences de non-délivrance de 60 p.100 dans les troupeaux suralimentés pendant cette même période. BROCHART *et al.* (1984) relèvent que la fréquence de rétention dans les troupeaux de l'EEPC est d'autant plus importante que les glycémies moyennes mesurées autour du vêlage sont plus fortes.

Un niveau énergétique suffisant mais non trop abondant avant vêlage conduisant la mère à un état corporel satisfaisant, semble donc optimum pour une moindre fréquence de non-délivrance.

De la satisfaction des besoins de la mère au cours de la période précédant le vêlage dépend ainsi son *état* à ce moment et sa capacité d'assumer les bouleversements endocriniens qui l'accompagnent (CHEW *et al.*, 1977).

2. *L'état endocrinien de la mère avant le vêlage*

Nous n'avons pas observé de niveaux différents de la *progestérone* plasmatique 7 jours avant le vêlage chez les vaches à rétention ou à vêlage normal ultérieurs (3,4 + 0,8 ng/ml et 3,5 + 0,9 ng/ml respectivement).

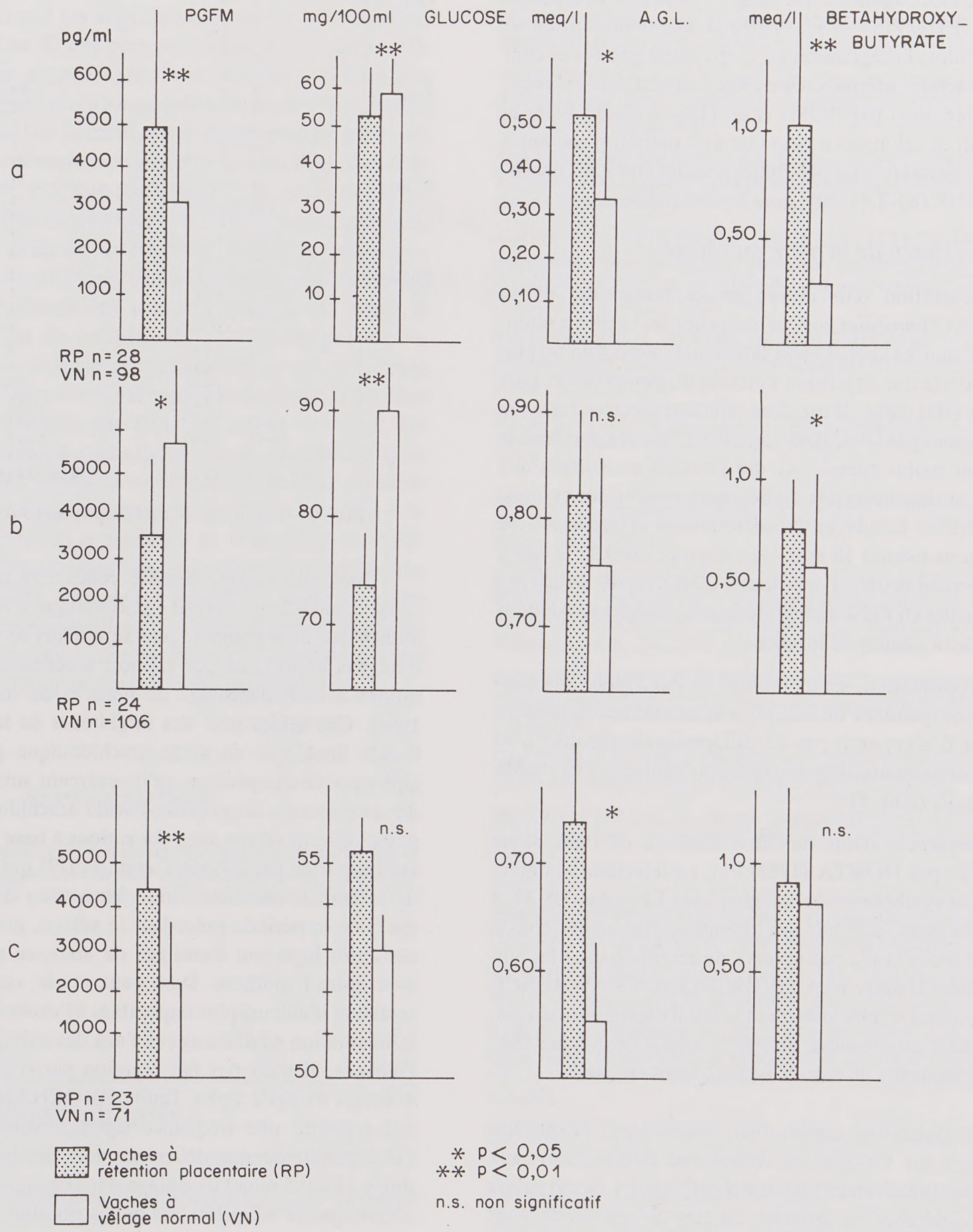


FIG. 4 : *Teneurs plasmatiques en métabolite de Pg F_2 alpha, glucose, acides gras libres (AGL), et béta-hydroxybutyrate lors de vêlage simple et selon le mode de délivrance :*
- *7 jours avant la naissance (a) ;*
- *dans les 12 heures qui la suivent (b) ;*
- *12-24 heures après la mise-bas (c).*

Par contre, il est apparu un taux de métabolite de PgF2 alpha, reflet de la prostaglandine primaire selon EDQVIST *et al.* (1978), plus élevé à ce moment chez les vaches qui ne délivreront pas ($P < 0{,}01$; fig. 4a). PgF2 alpha est normalement basse pendant la gestation et n'augmente que dans les deux jours qui précèdent le vêlage (EDQVIST *et al.*, 1978). L'augmentation de sa sécrétion induit alors la régression du corps jaune gestatif et contribue aux contractions utérines. Une sécrétion accrue plus précocément, constatée aussi par BOSU *et al.* (1984) 6 jours avant la mise-bas, traduirait selon ces auteurs un état pathologique antérieur des vaches gestantes. La possibilité d'un tel état a été proposée aussi par GRUNERT (1980), mais reste à préciser.

3. L'état endocrinien de la mère au vêlage

Une concentration plus élevée en ce métabolite ne se retrouve pas dans *l'immédiat post-partum* chez les vaches à rétention placentaire que les vaches aient donné naissance à un ou plusieurs veaux. Avant une expulsion normale du placenta son taux circulant est en effet élevé. Il est alors inférieur chez les animaux qui ne l'expulseront pas ($P < 0{,}05$; fig. 4b). Chez ces derniers, le myomètre serait moins stimulé, ce qui pourrait conduire à une inertie utérine et des difficultés de désengrènement des cryptes. Une telle différence de niveau de sécrétion au vêlage avait été observée par nous-mêmes 1h après la naissance (HORTA *et al.*, 1986, publication en cours). Par ailleurs, LEIDL *et al.* (1980) ont mesuré des teneurs en PgF2 alpha inférieures dans les cotylédons maternels de vaches à non-délivrance.

Le niveau plasmatique du métabolite de PgF2 alpha à la naissance semble indépendant du niveau d'alimentation de la mère auparavant car il n'apparait pas de différence significative à ce moment, que les animaux aient reçu plus ou moins de 7 kg de MS d'ensilage de maïs (tabl. 5).

Les conséquences d'une moindre sécrétion de PgF2 alpha ont été étudiées par HORTA (1981) qui, en injectant à la mère un inhibiteur de synthèse des prostaglandines F2 alpha, E2, I2, à la naissance du veau, a induit une rétention placentaire chez 5 vaches sur 5 traitées et n'a pas observé de rétention chez les animaux non traités. D'autre part, HERSCHLER et LAWRENCE (1984) ont raccourci significativement le délai d'expulsion du placenta en injectant un analogue de PgF2 alpha à des vaches chez lesquelles un diagnostic de non-délivrance avait été posé.

Cette prostaglandine semble bien nécessaire à l'expulsion des membranes car lorsque les vaches ont délivré, son taux circulant est significativement abaissé ($P < 0{,}001$; fig. 5), alors qu'il n'a pas varié chez les animaux en état de rétention. Nous remarquerons qu'alors les glycémies sont identiques dans les deux groupes et que les acides gras libres et le béta-hydroxybutyrate sont plus élevés chez les vaches à non-délivrance (fig. 4c).

Enfin, le risque d'un niveau moindre de PgF2 alpha au moment de la naissance existe lorsque la ration de base pendant la période sèche conduit à la présence d'inhibiteurs de sa synthèse. Nous constatons un taux de rétention supérieur, bien que non significativement différent, suite à l'ingestion de ration constituée d'ensilage d'herbe et d'ensilage de maïs et une concentration plasmatique en PgF2 alpha inférieure, moins de 12 h après la naissance, ($P < 0{,}001$; tabl. 6) chez des vaches ayant mis bas un seul veau.

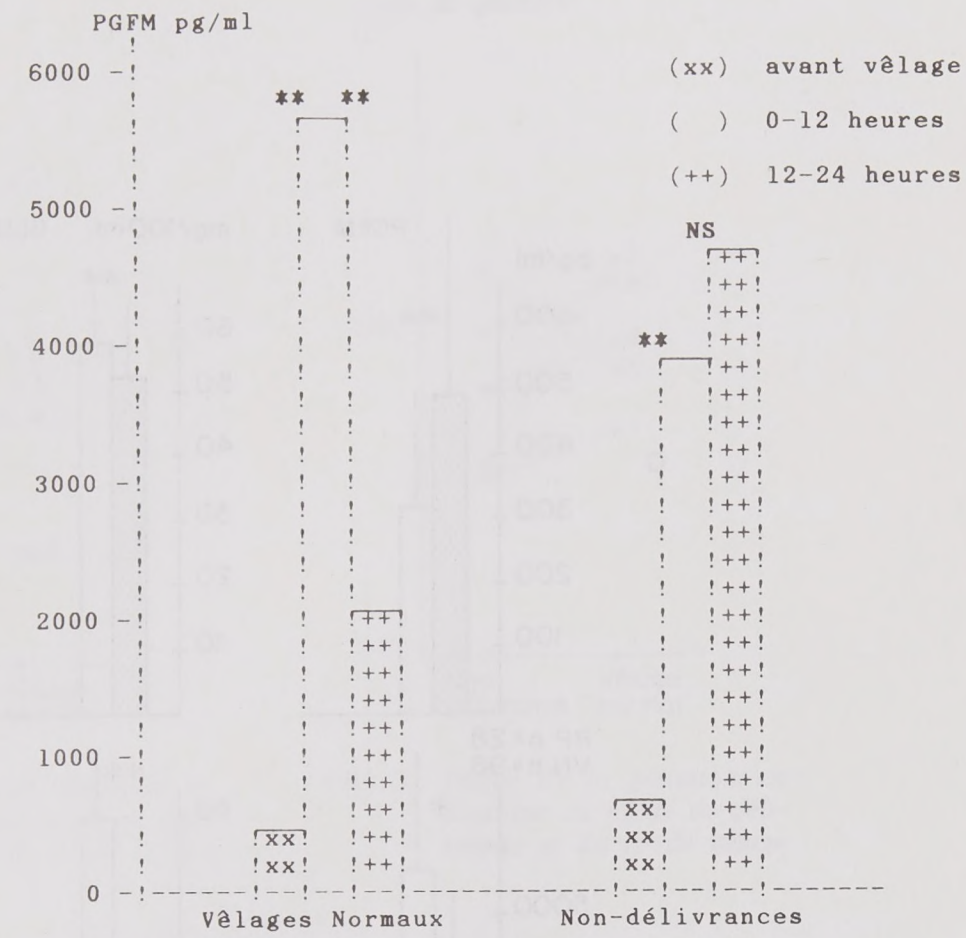


FIG. 5 : *Variations de Pg F_2 alpha au cours du vêlage*

Une telle ration, comme celles constituées de fourrages verts, conduit à un « profil » plasmatique d'acides gras où l'acide linolénique et ses homologues supérieurs se trouvent en proportion plus importante par rapport à celles rencontrées avec des rations à base d'ensilage de maïs et de foin (CHASSAGNE, 1984). Ces acides sont des inhibiteurs de la transformation de l'acide linoléique en acide arachidonique précurseur de PgF2 alpha par la compétition qu'ils exercent sur le premier vis à vis des enzymes de la synthèse d'acide arachidonique. Le risque de pathologie au vêlage avec des rations à base d'ensilage d'herbe a été rapportée par ZAMET *et al.* (1979) qui ont relevé 57 p.100 de rétentions-métrites suite à l'ingestion d'ensilage d'herbe au cours de la période précédant le vêlage, mais aussi 47 p.100 de cas après ingestion d'ensilage de maïs, ce qui est en désaccord avec notre hypothèse. Dans cette étude, ces fréquences élevées semblent d'ailleurs plus imputables à l'excès d'apport énergétique (alimentation *ad libitum*) et à l'âge des animaux qu'à la nature de l'aliment. Il n'est pas fait mention par ces auteurs d'un déficit éventuel de PgF2 alpha. Enfin, BROCHART et FAYET (1981) ont rapporté une fréquence significativement plus importante (18,3 p.100) de non-délivrance lors de distribution de longue durée (4 à 9,5 mois) d'ensilage d'herbe alors que cette fréquence n'était que de 9,3 p.100 lors de distribution brève (0 à 2,5 mois).

TABLEAU 6

Concentration du métabolite de Pg F2 alpha *à la naissance selon le type d'aliment pendant la période sèche*

Alimentation période sèche	ensilage d'herbe ensilage de maïs n=21	ensilage de maïs n=36	Signification
non-délivr. %	18	12	NS
PGFM (pg/ml) au vêlage	2865 ± 875	5416 ± 3124	$p < 0{,}001$

Conclusion

Bien que la non-délivrance soit une pathologie peu grave, elle est à considérer par ses répercussions sur les performances ultérieures de la vache. D'une part, aux risques liés *au nombre de veaux* portés, *à l'âge,* au *poids absolu et relatif des veaux* et à la *durée de gestation* que nous avons confirmés, nous avons montré que *l'état nutritionnel* de la mère *avant vêlage* pouvait avoir des conséquences sur le déroulement de celui-ci. Une sous-alimentation lors de gestation multiple particulièrement, tout comme un état de suralimentation énergétique, sont néfastes. D'autre part, nous avons mis en évidence qu'un éventuel état pathologique, soupçonné par le niveau de *PgF2 alpha* circulante dans la semaine précédant le vêlage, devait être pris en considération. Enfin, il apparaît qu'un défaut de synthèse de cette prostaglandine au moment de la naissance survient chez les vaches qui ne délivreront pas dans les 12h. Le niveau énergétique de la ration pendant la période sèche ne semble pas être la cause de ce déficit. En revanche, un tel risque est couru lorsque la ration pendant cette période renferme des fourrages verts dont la richesse en acide linolénique entraîne des taux circulants élevés de cet acide et la possibilité d'une inhibition compétitive de la synthèse de *PgF2 alpha,* reflétée par un taux plasmatique moindre. La confirmation des observations reste néanmoins nécessaire dans le cadre d'expérimentations par lesquelles les niveaux d'apports énergétiques et d'acides gras polyinsaturés seraient contrôlés et leurs répercussions sur le déroulement du vêlage quantifiées.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les responsables des exploitations de Theix et Bressonvilliers et leurs personnels pour les facilités apportées à la réalisation de ce travail, ainsi qu'au personnel du Laboratoire d'Eco-Pathologie.

Références bibliographiques

ARTHUR G.H., 1979. Retention of the afterbirth in cattle : a review and commentary. *Vet. Ann.*, **19,** 26-36.

BADINAND F., 1984. L'utérus de la vache au cours du puerpérium (expulsion des enveloppes, involution) : physiologie et pathologie. In *« Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme »*. Ed. INRA Publ., Route de St Cyr, 78000 Versailles, 31-47.

BADINAND F., SENSENBRENNER A., 1984. Non-délivrance chez la vache. Données nouvelles à propos d'une enquête épidémiologique. *Point vét.*, **16,** 84, 13 (483) - 25 (495).

BARNOUIN J., FAYET J.C., BROCHART M., PACCARD P., BOUVIER A., 1983. Enquête écopathologique continue. 1. Hiérarchie de la pathologie observée en élevage bovin laitier. *Ann. Rech. vét.*, **14,** 247-252.

BROCHART M., FAYET J.C., 1981. Milieu et pathologie podale des vaches laitières. In *« Milieu, Pathologie et Prévention chez les Ruminants »,* Ed. INRA Publ., route de St Cyr, 78000 Versailles, 39-44.

BROCHART M., BARNOUIN J., CHASSAGNE Michelle, FAYE B., FAYET J.C., 1984. Contribution des enquêtes écopathologiques à l'établissement des programmes sanitaires d'élevage. In *« Les Entretiens de Bourgelat »,* 39-44.

BOSU W.T.K., LIPTRAP R.M., LESLIE K.E., 1984. Peripartal changes in plasma progesterone and 15 keto - 13,14 dihydro - prostaglandin F2 alpha concentrations in Holstein cows with or without retained fœtal membranes. *Anim. Reprod. Sci.,* **7,** 497-510.

CHANTELLES Muriel, 1985. *La rétention placentaire chez la vache. Observations dans 2 troupeaux expérimentaux INRA.* Thèse 3e cycle, Univ. Clermont II, 81 p.

CHASSAGNE Michelle, 1984. Influence des acides gras d'origine alimentaire sur la synthèse des prostaglandines. *II Symposium Internaçional de Reproducào Animal,* Lisboa, 21-24 Nov.

CHEW B.P., KELLER H.F., ERB R.E., MALVEN P.V., 1977. Periparturient concentrations of prolactin, progesterone and the estrogens in blood plasma of cows retaining and not retaining fœtal membranes. *J. anim. Sci.,* **44** (6), 1055-1060.

DYRENDAHL I., MATTSON J., PEHRSON B., 1977. Retained placenta in cattle. Incidence, clinical data and effects on fertility. *Zbl. Vet. Med. A,* **24,** 529-541.

EDQVIST L.E., KINDAHL H., STABENFELDT G., 1978. Release of PgF2 alpha during the bovine peripartal period. *Prostaglandins,* **16,** 111-116.

ERB H.N., MARTIN S.W., 1978. Age, breed and seasonal patterns in the occurence of ten dairy cow diseases : a case control study. *Can. J. Comp. Med.,* **42,** 1-9.

FAYE B., FAYET J.C., BROCHART M., BARNOUIN J., PACCARD P., 1985. Enquête écopathologique continue. 4. Mise en évidence des associations pathologiques en élevage bovin laitier. Données d'élevage. *Ann. Rech. vét.* (publication en cours).

GRANSTROM E., KINDAHL H., 1978. Radioimmunoassay of Prostaglandins and Thromboxanes. *Adv. Prostaglandin Thromboxane Res.,* **5,** 119-210.

GRUNERT E., 1980. Etiology of retained placenta. In Morrow A. Ed., *« Current Therapy in Theriogenology »,* 180-189.

HORTA A.E.M., 1981. Accào do acetilsalicilato de lisina sobre expulsào da placenta em bovinos. *Rev. Port. Cienc. Veter.,* LXXVI, 459, 207-212.

HORTA A.E.M., CHASSAGNE Michelle, BROCHART M., 1986. Prostaglandin F2 alpha and prostacyclin imbalance in cows with placental retention ; new findings. *Ann. Rech. vét.* (publication en cours).

HERSCHLER R.C., LAWRENCE J.R., 1984. A prostaglandin analog for therapy of retained placentae. *Vet. Med.,* **79,** 822-829.

LEIDL W., HEGNER D., ROCKEL P., 1980. Investigations on the PgF2 alpha concentrations in maternal and fœtal cotyledons of cows with and without retained fœtal membranes. *Zbl. Vet. Med. A,* **27,** 691-696.

MAAS J.P., 1982. Prevention of retained placenta in dairy cattle. *Comp. Cont. Educ. Vet. Med.,* **4,** 519-526.

MATTON P., ADELAKOUN V., DUFFOUR J.J., 1979. Concentrations de la progestérone, des œstrogènes et du cortisol dans le plasma des vaches ayant donné naissance à des jumeaux ou ayant eu des rétentions placentaires. *Can. J. anim. Sci.,* **49,** 481-490.

MEYERHOLZ F., 1981. Cows that nurse their calves have few retained placenta. *Hoard's Dairyman,* **126** (5), 378-379.

MORROW D.A., HILLMAN D., DADE A.W., KITCHEN H., 1979. Clinical investigations of a dairy herd with the fat cow syndrome. *J. am. vet. med. Assoc.,* **174** (2), 161-167.

WETHERILL G.D., 1965. Retained placenta in the bovine. A brief review. *Can. vet. J.,* **6,** 290-294.

ZAMET C.N., COLENBRANDER V.F., ERB R.E., CALLAHAN C.J., CHEW B.P., MOELLER N.J., 1979. Variables associated with prepartum traits in dairy crows. II. Interrelationships among disorders and their effects on intake of feed and on reproductive efficiency. *Theriogenology,* **11** (3), 245-260.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 13-18

Utilisation de la technique dite des « 2 sacs » en production du veau de boucherie

R. TOULLEC et Y. MANIS
avec la collaboration de Michèle FORMAL et H. FLAGEUL

INRA, Laboratoire du jeune Ruminant
65, rue de Saint Brieuc, 35042 Rennes Cedex

Depuis avril 1976, la poudre de lait écrémé incorporée dans les aliments d'allaitement doit constituer de 60 à 70 p.100 de la formule pour bénéficier de la prime de dénaturation. Cette réglementation a entraîné un accroissement du taux moyen d'incorporation qui, voisin de 53 p.100 en 1975, se maintient aux environs de 62 p.100 depuis. Les aliments riches en poudre de lait écrémé ont une excellente valeur alimentaire pour le veau de boucherie. Cependant, sur le plan technique, il n'est pas nécessaire d'utiliser des aliments aussi bien pourvus en poudre de lait écrémé durant la période de finition (TOULLEC *et al.*, 1978) : il est alors possible d'abaisser le taux protéique (de 24 à 21 p.100) et d'utiliser des protéines de substitution. La recherche de régimes plus économiques a entraîné l'apparition de la technique dite des « 2 sacs », consistant à mélanger, au moment de l'emploi, un aliment contenant 60 p.100 de poudre de lait écrémé et un aliment qui en est dépourvu. Ce procédé s'est beaucoup développé aux Pays-Bas et intéresse la filière française du veau de boucherie. Cependant, la croissance recherchée est un peu moins intensive aux Pays-Bas qu'en France. De plus, si la technique des « 2 sacs » permet éventuellement d'obtenir des formules finales dont les compositions en ingrédients sont voisines de celles obtenues avant avril 1976, il n'en est pas de même sur le plan technologique. En effet, le support des matières grasses dans le deuxième sac n'est plus le lait écrémé mais le lactosérum ou ses dérivés. Nous avons donc comparé un aliment classique et un régime « 2 sacs » obtenu en mélangeant deux aliments dont l'un était riche en poudre de lait écrémé et l'autre en était dépourvu. Les protéines de ce dernier étant apportées par un concentrat de soja et des dérivés du lactosérum, un régime comportant uniquement ces 2 sources de protéines a également été introduit dans la comparaison.

Conditions expérimentales

1. Aliments

Quatre aliments d'allaitement expérimentaux (1, 2, 3 et 4) ont été utilisés (tabl. 1). Dans l'aliment 1, les protéines étaient en quasi-totalité d'origine laitière (92,5 et 6,9 p.100 apportées respectivement par la poudre de lait écrémé et celle de lactosérum). Dans l'aliment 2, les protéines étaient fournies presque uniquement (99,9 p.100) par de la poudre de lait écrémé. Les aliments 3 et 4 étaient dépourvus de poudre de lait écrémé ; leurs protéines provenaient principalement d'un concentrat de soja (34,5 et 63,5 p.100) et du lactosérum (61,7 et 34,0 p.100). Les aliments 1 et 4 ont été distribués seuls. En revanche, les aliments 2 et 3 ont été mélangés en parties égales au moment de l'emploi ; dans ce mélange, les protéines étaient donc apportées par la poudre de lait écrémé, le lactosérum et le concentrat de soja (respectivement 50,0, 30,8 et 17,2 p.100). Les formules des aliments avaient été calculées de manière à ce que chaque régime apporte environ 217 g de protéines digestibles (dont 17 de lysine et 8,5 d'acides aminés soufrés) et 4,81 Mcal d'énergie digestible par kg de poudre. C'est pourquoi la teneur en lipides a augmenté avec le taux de concentrat de soja dont les protéines et les glucides sont moins digestibles que ceux du lait. Cependant, les différences de teneur en lipides entre l'aliment 4 et l'aliment 1 ou le mélange 2+3 étaient inférieures de 1,5 p.100 aux valeurs attendues. Nous avons donc augmenté les quantités d'aliment 4 distribué de 1,5 p.100, de manière à obtenir effectivement les mêmes apports d'énergie digestible.

TABLEAU 1

Composition des aliments expérimentaux (p.100)

Aliment	1	2	3	2 + 3	4
Ingrédients					
Prémélange gras A (a)	32,3	60,4	-	30,2	-
Prémélange gras B (a)	-	-	14,1	7,05	44,1
Prémélange gras C (a)	5,9	-	13,8	6,9	8,4
Soycomil (b)	-	-	13,1	6,55	24,2
Poudre de lait écrémé spray	43,9	31,4	-	15,7	-
Poudre de lactosérum doux spray	8,2	0,5	15,5	8,0	-
Almospray (c)	-	-	33,5	16,75	14,0
Sérovir (d)	-	-	8,1	4,05	3,8
AM 214 (e)	0,27	0,64	-	0,32	0,39
Amidon dénaturant	2,0	2,0	-	1,0	-
Amidon préhydrolysé	6,4	4,1	0,4	2,2	2,4
Lysine HCl	-	-	0,40	0,20	0,48
Dl méthionine	0,10	0,16	0,12	0,14	0,20
Condiment minéral vitaminisé	0,92	0,84	0,97	0,90	2,02
Résultats d'analyse					
Humidité	3,3	3,0	3,6	3,3	3,9
N x 6,25	23,5	23,9	23,9	23,9	25,7
Matières grasses	19,2	30,2	14,5	22,4	24,9
Cendres	6,4	5,6	9,9	7,7	8,0
Ca	0,77	0,74	0,75	0,74	0,75
P	0,75	0,68	0,87	0,77	0,91
K	1,3	1,1	2,6	1,8	2,0
Na	0,43	0,34	0,90	0,62	0,59
Mg	0,12	0,08	0,19	0,13	0,17
Fe	0,0006	0,0015	0,0028	0,0022	0,0056

(a) Préparés par homogénéisation dans du lait écrémé (A) ou du lactosérum (B et C) concentrés, puis séchage selon le procédé spray. Contenant environ 50 p. 100 de lipides (35 p. 100 de suif et 15 p. 100 de saindoux en A et B, huile de coprah seule en C). Composition finale obtenue dans les aliments 1, 2+3 et 4 : suif 59,2 p. 100, saindoux 25,4 p. 100 et huile de coprah 15,1 p. 100. (b) Concentrat de soja préparé par extraction du saccharose et des α-galactosides à l'alcool (64,5 p. 100 de protéines) (Unimills, Dammtorwall 15, Hambourg, R.F.A.). (c) Lactosérum partiellement délactosé par cristallisation du lactose (23,3 p. 100 de protéines) (C.C.F., Leeuwarden, Pays-Bas). (d) Lactosérum partiellement délactosé et déminéralisé par ultrafiltration (36,9 p. 100 de protéines) (U.L.N., Condé-sur-Vire, France). (e) Monoglycéride et lécithine (60 p. 100) sur support de Tixosil.

2. Animaux et régimes

Quarante-huit veaux mâles de race Frisonne ont été achetés à l'âge d'environ 8 jours et logés en cases individuelles sur litière de paille, dans un bâtiment à ventilation statique. Ils ont été munis d'une muselière et conduits en veaux de boucherie pendant 3 périodes successives (P0, P1 et P2) dont les durées étaient respectivement de 49, 28 et 48 jours (fig. 1). La P0 était une période préexpérimentale pendant laquelle tous les veaux ont reçu un même lait de remplacement à base de poudre de lait écrémé (65 p.100), de suif (22 p.100) et de poudre de lactosérum (10 p.100). A l'issue de la P0, les animaux ont été répartis en 3 lots de 16 (témoin, « 2 sacs » et 0), compte-tenu de leur poids vif, de leur gain de poids vif, de leur appétit, de leur état sanitaire et de la valeur de leur hématocrite. Ils sont alors passés progressivement (en 3 jours) aux régimes expérimentaux. Pendant la P1 et la P2, les veaux du lot témoin ont reçu l'aliment 1 dont les protéines étaient en totalité d'origine laitière et ceux du lot « 2 sacs » le mélange des aliments 2 et 3 où la poudre de lait écrémé n'apportait que la moitié des protéines. Les veaux du lot 0 ont reçu le mélange 2+3 pendant la P1 et l'aliment 4, dépourvu de poudre de lait écrémé, pendant la P2. Les veaux ont été nourris au seau, à raison de 2 repas par jour, sauf le dimanche où le repas du soir a été supprimé à l'issue de la troisième semaine de présence. Les quantités distribuées par repas ont été très modérées pendant la phase d'adaptation (135 g de poudre le jour 1 et 330 le jour 11) ; elles ont ensuite augmenté progressivement jusqu'à un maximum de 1440 g à l'issue du cent cinquième jour de présence.

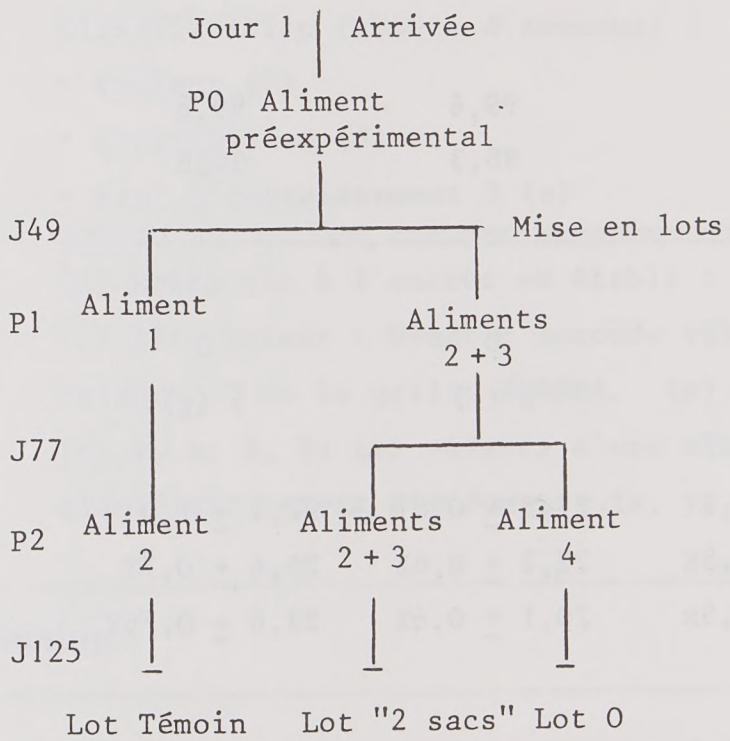


FIG. 1 : *Schéma expérimental*

3. Mesures et calculs

Des prises de sang ont été effectuées dans la veine jugulaire, en vue de mesurer la valeur de l'hématocrite (H) 22, 48, 75, 104 et 124 j après l'arrivée. Pour éviter un état d'anémie excessif, 50 ml de solution contenant 15 g de sulfate ferreux par litre ont été ajoutés au repas du matin :

- après le jour 22 : pendant 7 j si H< 25 ;
- après le jour 48 : pendant 7 j si H< 20 et pendant 5 j si 20< H<25 ;
- après le jour 75 : pendant 5 j si H < 20 et pendant 3 j si 20< H<25 ;
- après le jour 104 : pendant 3 j si H < 20.

Les veaux ont reçu une préparation anabolisante (36 mg de zéranol + 140 mg d'acétate de trenbolone) sous forme d'implant au niveau du fanon 77 j après l'arrivée. Ils ont été pesés une fois par semaine à heure fixe (14 h), ainsi que le jour de l'abattage (8 h). L'abattage a eu lieu en 2 j (126 et 127 j après l'arrivée), à raison de la moitié de l'effectif de chaque lot à chaque fois.

Les résultats concernant la P1, où seuls 2 traitements étaient appliqués, ont été comparés par le test de Student (DAGNELIE, 1970). Les autres résultats ont été soumis à une analyse de variance et les moyennes classées selon le test de Newman et Keuls. Les quantités d'aliment 4 consommé par les veaux du lot 0 ont été divisées par 1,015 pour éliminer l'effet de la différence d'énergie digestible par rapport aux 2 autres régimes.

Résultats

1. Etat sanitaire, appétit et valeur de l'hématocrite

Au cours de la P1, un des veaux du lot témoin a subi un traitement hépatoprotecteur et un des animaux recevant le régime « 2 sacs » a manifesté de légers troubles respiratoires. Les refus alimentaires ont été très peu nombreux, sauf chez 2 veaux du lot témoin. Pendant la P2, 3 veaux du lot 0 ont reçu un traitement hépatoprotecteur. Les refus alimentaires ont été très rares dans le lot témoin, un peu plus nombreux dans le lot « 2 sacs » et beaucoup plus abondants dans le lot 0. Dans ce dernier lot, 3 veaux semblent avoir particulièrement mal toléré l'ingestion prolongée de l'aliment 4 puisqu'ils n'ont consommé respectivement que 69, 80 et 88 p.100 des quantités normalement distribuées ; ces 3 veaux avaient consommé la totalité de leur ration pendant la P1 (tabl. 2).

L'évolution de la valeur de l'hématocrite a été similaire dans les 3 lots jusqu'à la fin de la P1. Il en a été de même jusqu'à l'abattage pour les lots témoin et « 2 sacs ». En revanche, les veaux du lot 0 ont eu des valeurs significativement plus élevées que les animaux des 2 autres lots 27 j après le début de la P2 et avant l'abattage. Cependant, les valeurs observées chez les veaux du lot 0 sont demeurées peu élevées compte-tenu de la teneur en fer de l'aliment qu'ils ingéraient durant cette période (56 ppm). Les distributions de sulfate ferreux ont été un peu plus nombreuses chez les veaux du lot témoin.

2. Croissance et efficacité alimentaire

Pendant la P1, les veaux recevant le régime « 2 sacs » ont eu une croissance inférieure de 5,6 p.100 à celle des veaux du lot témoin et ont consommé 6,9 p.100 d'aliment en plus par kg de gain de poids vif. Au cours de la P2, les résultats obtenus avec les veaux du lot 0 ont été beaucoup plus hétérogènes que ceux observés chez les animaux des 2 autres lots. La croissance des veaux du lot « 2 sacs » a continué à être inférieure (de 6,5 p.100) à celle des animaux du lot témoin et à consommer davantage d'aliment par kg de gain de poids vif (6 p.100). Les écarts entre les veaux du lot 0 et ceux du lot témoin ont considérablement augmenté (jusqu'à 14,1 p.100 pour la croissance et 12,7 p.100 pour l'efficacité alimentaire). Par rapport aux veaux du lot « 2 sacs », ceux du lot 0 ont également eu une croissance moins rapide (8,1 p.100) et

une efficacité alimentaire réduite (6,4 p.100). A la fin de l'essai, les poids vifs des veaux des lots « 2 sacs » et 0 étaient respectivement inférieurs de 6,7 et 12,4 kg à celui des animaux du lot témoin (tabl. 3).

Pour l'ensemble des 2 périodes expérimentales (P1+P2), les veaux du lot « 2 sacs » ont eu une croissance inférieure de 6,2 p.100 à celle des animaux du lot témoin et ont consommé 6,4 p.100 d'aliment en plus par kg de gain de poids vif. Par rapport aux veaux du lot témoin, ceux du lot 0 ont eu des performances inférieures de 11,3 et 10,3 p.100, respectivement pour la croissance et l'efficacité alimentaire ; par rapport aux veaux du lot « 2 sacs », les écarts ont été de 5,5 et 3,6 p.100. Les différences observées entre le lot témoin et les 2 autres lots ont toujours été significatives. En revanche, les différences entre les lots « 2 sacs » et 0 n'ont été significatives que pour l'efficacité alimentaire en P2.

3. Abattage

La carcasse des veaux du lot « 2 sacs » a été plus légère que celle des animaux du lot témoin (4,6 kg) ; les autres caractéristiques mesurées ont été semblables pour les 2 lots (tabl. 3). La différence de poids de carcasse entre les veaux du lot témoin et ceux du lot 0 a été plus importante (8,4 kg) ; de plus, la conformation, estimée d'après le rapport poids de carcasse / longueur de carcasse, a été significativement moins satisfaisante chez les veaux du lot 0. Enfin, la carcasse des veaux du lot 0 a été plus légère (3,8 kg) que celle des animaux du lot « 2 sacs ».

TABLEAU 2

Etat sanitaire, appétit et valeur de l'hématocrite

Lot	Témoin	"2 sacs"	0
Nombre de veaux ayant été soignés au moins 1 fois :			
- P1	1 (a)	0	1 (b)
- P2	0	0	3 (a)
Quantité moyenne effectivement ingérée (p. 100 de la quantité normalement distribuée) (c) :			
- P1	98,7	99,4	99,8
- P2	99,6	98,3	94,8
Nombre de veaux ayant consommé moins de 95 p. 100 de la ration normalement distribuée :			
- P1	2 (d)	0	0
- P2	1 (e)	2 (f)	5 (g)
Valeur de l'hématocrite (p. 100) (h) :			
- 48 j	27,4 ± 0,9	27,3 ± 0,8	27,1 ± 1,0
- 104 j	22,2 ± 0,5X	22,2 ± 0,6X	25,4 ± 0,7Y
- 124 j	21,5 ± 0,5x	20,1 ± 0,6X	23,6 ± 0,7yY
Nombre total de jours de distribution de sulfate ferreux :			
- P1	20	20	17
- P2	47	42	42

P1 : de 49 à 77 j ; P2 : de 77 à 125 j.

(a) Blocages. (b) Troubles respiratoires. (c) Lorsqu'un veau refusait plus de 1 kg de lait de remplacement pendant 2 jours consécutifs, sa ration était réduite de 1 kg par repas jusqu'à ce qu'il consomme la totalité. (d à g) Quantités consommées (p. 100) : 90,8 et 92,8 (d), 94,9 (e), 90,3 et 91,7 (f), 68,9, 79,6, 88,2, 93,0 et 94,1 (g). (h) Moyennes et écarts-types des moyennes. (x, y, X, Y) Les valeurs d'une même ligne accompagnées de 2 lettres différentes sont significativement différentes (x, y : $P < 0,05$; X, Y : $P < 0,01$).

TABLEAU 3

Croissance, efficacité alimentaire et résultats d'abattage
(moyenne et écarts-types des moyennes)

Lot	Témoin	"2 sacs"	O
Poids vif (kg) (a) :			
- à la mise en lots	91,1 ± 1,4	91,0 ± 1,1	90,9 ± 1,0
- à la fin de l'essai	199,3 ± 1,8xX	192,6 ± 1,9y	186,9 ± 2,9Y
Gain de poids vif (g/j) :			
- P1	1290 ± 33x	1221 ± 23y	1214 ± 22y
- P2	1503 ± 17X	1405 ± 28Y	1291 ± 56Y
- P1 + P2	1424 ± 17X	1336 ± 22Y	1263 ± 39Y
Quantité d'aliment d'allaitement ingéré/kg de gain de poids vif (kg) :			
- P1	1,53 ± 0,03X	1,63 ± 0,03Y	1,65 ± 0,03Y
- P2	1,69 ± 0,02xX	1,79 ± 0,03y	1,90 ± 0,06Yz
- P1 + P2	1,63 ± 0,02X	1,74 ± 0,02Y	1,80 ± 0,04Y
Poids de carcasse (kg) (b)	118,9 ± 1,2xX	114,3 ± 1,2y	110,5 ± 1,9Yz
Rendement commercial (p.100)	59,8 ± 0,4	60,1 ± 0,3	59,6 ± 0,3
Poids des dépôts adipeux périrénaux (g)	1750 ± 87	1667 ± 110	1691 ± 136
Poids du foie (g)	3932 ± 115	3903 ± 86	3680 ± 90
Poids de carcasse/longueur de carcasse (kg/cm)	1,26 ± 0,01X	1,23 ± 0,01	1,19 ± 0,02Y
Classification (nombre d'animaux) :			
- couleur (c)	0 + 16	1 + 15	0 + 16
- conformation (d)	1 + 15	3 + 13	0 + 16
- état d'engraissement 3 (e)	16	16	16

(a) Poids vif à l'entrée en étable : 47,1 kg. (b) Pesée 1 h à 1 h 30 après l'abattage. (c) 1ère valeur : blanc ; seconde valeur : rosé clair. (d) 1ère valeur : R ; seconde valeur : O de la grille EUROPA. (e) Notation de 1 à 5 (de trop maigre à trop gras). (x, y, z, X, Y) Les valeurs d'une même ligne accompagnée de 2 lettres différentes sont significativement différentes (x, y, z : $P < 0,05$; X, Y : $P < 0,01$)

Conclusion

Dans nos conditions expérimentales, la technique « 2 sacs », consistant à mélanger au moment de l'emploi un aliment riche en poudre de lait écrémé et un aliment à base de lactosérum, de dérivés du lactosérum et de concentrat de soja pendant la phase de finition, fournit des résultats acceptables. Cependant, les performances des animaux sont moins satisfaisantes sur le plan de la croissance, de l'efficacité alimentaire et du poids de carcasse. Les résultats de la présente expérience ne sont pas en accord avec ceux d'un essai antérieur où nous n'avions observé aucun effet défavorable en remplaçant 31 p.100 des protéines digestibles du lait par celles du même concentrat de soja dans l'aliment distribué en finition. Ici, le soja n'apportait que 16 p.100 des protéines digestibles mais, au total, la moitié de la poudre de lait écrémé était remplacée. Il semble donc que l'association dérivés du lactosérum et concentrat de soja que nous avons constituée soit moins bien utilisée que la poudre de lait écrémé, lorsque le taux de substitution est élevé.

Le remplacement de la totalité de la poudre de lait écrémé par un mélange dont les protéines sont apportées par le concentrat de soja (63,5 p.100), le lactosérum et ses dérivés (34,0 p.100) et des acides aminés de synthèse, conduit à des résultats peu acceptables et surtout très hétérogènes. Il semble que certains animaux (environ 20 p.100 de l'effectif) s'adaptent mal à un tel aliment. Cela pourait être dû à des perturbations dans le fonctionnement du tube digestif et dans le métabolisme : accélération de l'évacuation gastrique, diminution des sécrétions digestives, absorption trop rapide des lipides et des acides aminés (cf. revue de TOULLEC *et al.*, 1983). Le concentrat de soja utilisé n'avait plus d'acitivité antigénique et ses facteurs antitrypsiques étaient convenablement dénaturés (GUILLOTEAU *et al.*, 1985). Cependant, le poids du pancréas, les activités trypsiques et chy-

motrypsique, ainsi que les taux plasmatiques de sécrétine, étaient plus faibles chez les veaux du lot 0 que chez ceux du lot témoin. La mise en cause du lactosérum et de ses dérivés ne peut pas non plus être exclue. Il est également possible que l'accroissement de la part de l'énergie apportée par les lipides dans l'aliment 4 ait eu un effet défavorable, de même que l'incorporation de la totalité des matières grasses dans du lactosérum. Cependant, les taux de matières grasses libres étaient identiques dans tous les régimes (environ 11,6 p.100 des matières grasses totales). Enfin, la teneur en fer élevée de l'aliment 4 n'a eu qu'une influence modérée sur l'état d'anémie des veaux, ce qui s'accorde avec les observations de VAN WEERDEN *et al.* (1973) sur la faible disponibilité du fer du soja.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Société Unimills Dammtorwall 15 200 Hambourg 36 R.F.A., pour l'aide financière apportée à la réalisation de cet essai.

Références bibliographiques

DAGNELIE P., 1970. Théories et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Vol. 2, 245-250. DUCULOT, Gembloux.

GUILLOTEAU P., CORRING T., CHAYVIALLE J.A., BERNARD C., SISSONS J.W., TOULLEC R., 1985. Nature des protéines alimentaires, activités enzymatiques digestives, hormones digestives et anticorps circulants chez le veau préruminant. *Reprod. Nutr. Dév.*, sous presse.

TOULLEC R., GUILLOTEAU P., PATUREAU-MIRAND P., SISSONS J.W., 1983. Digestion and absorption of protein in the preruminant. In ARNAL M., PION R., BONIN D., *Protein metabolism and nutrition,* I, 245-261. INRA Publications, Versailles.

VAN WEERDEN E.J., HUISMAN J., SPRIETSMA J.F., 1973. The availability if iron of protein-rich components for veal calves. *Lanbouwk. Tijdsch.*, **85,** 379-387.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 19-25

Utilisation de foins humides traités à l'ammoniac par des vaches laitières

J.P. DULPHY*, J. ROUEL** et J. BONY**

** INRA-CRZV Theix, Laboratoire des Aliments, 63122 Ceyrat*

*** Domaine d'Orcival, Le Roc, 63210 Rochefort-Montagne*

La conservation des foins humides (25 à 35 p.100 d'humidité) est aléatoire, malgré les nombreux travaux effectués à ce sujet (cf. synthèse de ZWAENEPOEL *et al.,* 1986). Le recours à l'acide propionique comme conservateur, très prometteur en laboratoire, ne s'est pas avéré assez efficace dans la pratique. D'autres produits ont donc été proposés, en particulier l'ammoniac (KNAPP *et al.,* 1975 ; KUNTZEL, LESHEM et PAHLOW, 1980 ; WOOLFORD et TETLOW, 1984).

Le gaz ammoniac (82,3 p.100 d'azote, soit 5147 g de MAT / kg) est en effet un excellent fongicide, même s'il n'est pas toujours suffisamment sélectif et ne maîtrise pas en particulier le développement des bactéries dans les foins humides (ZWAENEPOEL *et al.,* 1986). Par ailleurs, l'ammoniac est utilisé pour améliorer la valeur des pailles et des foins tardifs (DULPHY *et al.,* 1984). Enfin on peut penser *a priori* qu'un supplément d'azote non protéique peut augmenter utilement la valeur PDIN de certains fourrages (le gaz ammoniac apporte 2882 g de PDIN / kg).

Nous nous sommes intéressés, dès 1982, à cette technique et avons entrepris une série d'essais en collaboration avec le CEMAGREF (ZWAENEPOEL *et al.,* à paraître). Les premiers résultats, très encourageants sur le plan de la conservation, nous ont incités à vérifier rapidement sur des bovins les valeurs alimentaires de foins humides traités, mesurées d'abord seulement sur des moutons. Deux essais ont été entrepris en 1983, puis en 1984 sur des vaches laitières, avec pour objectif l'application de la technique de conservation à l'ammoniac en vraie grandeur sur des animaux ayant des besoins élevés.

Conditions expérimentales

- En 1983 (essai I), une prairie naturelle d'Orcival a été fauchée à un stade précoce du 1° cycle (épiaison, 20 juin), avec une faucheuse-conditionneuse (tabl. 1). Une partie a été ensilée de suite avec 3,3 l / tonne d'acide formique tandis qu'une autre a été fanée jusqu'à 70 p.100 de MS environ. Compte-tenu des conditions climatiques favorables, associées à un faible rendement, le séchage a été rapide. Le foin a ensuite été récolté et,

- soit placé sur une aire de ventilation,
- soit mis en tas (3 tas de 5 tonnes de fourrage à 65 p.100 de MS) à l'extérieur et bâché.

Dans chaque tas de foin humide, enfermé hermétiquement par une bâche de polyéthylène, on a injecté 26 kg d'ammoniac par tonne de foin en une fois. Les tas sont restés tels quels jusqu'en novembre, puis débâchés les uns après les autres pour distribuer le foin aux animaux, un délai moyen d'un mois environ entre l'ouverture de chaque tas et le début de la distribution du fourrage ayant été pratiqué.

- En 1984 (essai II), une prairie naturelle de Laqueuille a été fauchée (2ème cycle après déprimage à un stade tardif). Une partie a été récoltée au bout de 2 jours sous forme de foin humide et traitée sous bâche avec 20 kg d'ammoniac injectés en 3 fois (à la pose de la bâche, 14 et 28 jours après) dans 3 tas de 7-9 tonnes. L'autre partie a été séchée classiquement au sol et récoltée un jour plus tard.

Compte tenu des quantités d'ammoniac injectées, on a ajouté respectivement en 1983 et 1984 l'équivalent de 207 et de 158 g de MAT par kg de foin traité, tout n'étant évidemment pas fixé (cf. plus loin).

Les températures des tas de foin humides de l'essai II ont été contrôlées tous les jours jusqu'au 1er octobre. Elles ont atteint 51° C pour le tas 1 (17e jour), 66° C pour le tas 2 (1er jour) et 50° C pour le tas 3 (1er jour). Les températures des tas 1 et 2 étaient encore de 35° C le 1er octobre contre seulement 20° C pour le tas 3. Ces écarts s'expliquent à la fois par les différences d'humidité initiale des tas de foin et les délais variables entre l'enlèvement du champ et la pose de la bâche pour chacun d'eux (délai de 3 à 24 heures).

Chaque année les différents fourrages préparés ont été distribués *ad libitum* durant l'hiver suivant leur préparation à des vaches laitières vêlant fin novembre - début décembre. Les périodes expérimentales (7 et 8 semaines) ont eu lieu durant la phase descendante de la lactation, de la fin janvier au mois d'avril. Les principales conditions expérimentales sont données dans le tableau 1.

Simultanément, pour chaque essai, les digestibilités des fourrages (ainsi que les rétentions azotées pour l'essai I) ont été déterminées sur des moutons maintenus en cage à métabolisme. En outre, le foin traité de l'essai I a été distribué à 4 vaches laitières en fin de lactation, au Laboratoire de la Lactation, pour mesurer la digestibilité d'une ration identique à celle distribuée aux vaches en production, ainsi que la rétention d'azote correspondante.

Dans les 2 essais, les résultats obtenus ont été analysés par analyse de covariance à partir des valeurs observées durant la période pré-expérimentale pour obtenir des valeurs ajustées.

Les variations de poids ont été corrigées en supposant que l'ingestion de foin augmentait le contenu digestif de 5 kg et celle de concentré de 2,2 kg.

Résultats

1. Composition chimique des fourrages (tabl. 2)

Entre leur récolte et leur distribution aux vaches la teneur en matière sèche des foins témoins a augmenté légèrement, grâce à la ventilation artificielle en 1983 (+ 7,2 points) et de façon naturelle en 1984 (+ 4,1 points). Après leur mise à l'air les foins traités ont également séché, mais peu (+ 3,6 points).

TABLEAU 1

Conditions expérimentales des deux essais

	Essai I 1983 - 1984 Prairie Naturelle **Orcival**			Essai II 1984 - 1985 Prairie Naturelle **Laqueuille**		
Ration de base	Ensilage direct brins courts + conservateur 3,3 l/tonne	Foin ventilé	Foin humide + 26 kg de NH_3/tonne	Foin séché entièrement au sol	Foin humide + 20 kg de NH_3/tonne	Foin sec + foin humide 50/50
Rationnement	- Fourrages à volonté + aliment concentré et CMV pour couvrir les besoins - Concentré équilibré en fonction de la production laitière attendue en supposant une diminution hebdomadaire de 2 % chez les multipares et 1,5 % chez les primipares					
			1 kg supplémentaire de tourteau de soja en 6ème et 7ème semaine expérimentale			
Animaux	24 HF et croisées HF dont 6 primipares			24 HF et Croisées HF dont 6 primipares		
Stade de lactation au début de l'essai (semaines)	8			8		
Durée de l'essai (semaines) Préexp.-transition-expérience	2 / 1 / 7			2 / 2 / 8		
kg de lait à 4 % supposés couverts par la ration de base						
- primipares	10	10	9	6	3	6
- multipares	14	14	13	10	7	10

Mesures

. Quantités ingérées - fourrages	4 jours/semaine
- concentré	tous les jours
. Teneur en MS	2 fois par semaine
. Production de lait	à chaque traite
. Composition du lait	3 jours/semaine sur chaque traite
. Poids des animaux	Double pesée pour la mise en lot, au début, au milieu et à la fin de la période expérimentale

TABLEAU 2

Composition chimique et valeur alimentaire des fourrages étudiés

		Essai I 1983 - 1984			Essai II 1984 - 1985	
		Ensilage *	Foin ventilé	Foin traité	Foin sec	Foin traité
Composition chimique						
Teneur en MS (%)						
. récolte		22,1	78,0	64,8	80,7	65,2
. distribution		24,4	85,2	68,7	84,8	68,6
MAT	g/kg MS	173	150	254	134	246
MM		95	100	86	71	86
CB		268	261	279	325	260
Glucides solubles		-	56	22	-	-
Valeur alimentaire						
(moutons)						
Ingestibilité (g MS/kg $P^{0.75}$)		58,4	54,5	63,5	65,0	75,0
Digestibilité de la MO (%)		71,3	71,1	74,2	54,9	62,0
UFL/kg de MS		0,87	0,85	0,92	0,62	0,72
MAND	g/kg MS	53	57	98	66	104
MAD		110	93	156	68	142
PDIN		105	90	124	84	116
PDIE		91	89	92	79	83

* caractéristiques de conservation de l'ensilage :

pH	= 4,04	Acide lactique	= 77
$N\text{-}NH_3$ % N total	= 5,7	" acétique	= 19
N sol. % N total	= 44,7	" propionique	= 0,3
		" butyrique	= 0,4
		Alcools	= 4,5

g/kg MS

Le traitement à l'ammoniac a augmenté fortement la teneur en matières azotées totales (N × 6,25) des foins, qui est passée de 142 à 241 g / kg de MS en moyenne, ce qui est le résultat d'une fixation de 19,3 g d'ammoniac par kg de MS de foin (soit 55 p.100 de l'ammoniac injecté).

Quant à l'ensilage, qui servait aussi de fourrage témoin dans l'essai I, il a été très bien conservé comme le montre l'examen des caractéristiques fermentaires (tabl. 2).

2. Valeur alimentaire des fourrages

En moyenne le traitement à l'ammoniac des foins a amélioré leur ingestibilité (+ 16 p.100) et leur digestibilité (+ 5 points) (tabl. 2).

Le foin traité en 1983 (essai I) est resté très stable après sa mise à l'air, alors que celui de 1984, traité en trois fois, avec une quantité plus faible d'ammoniac (2,0 au lieu de 2,6 p.100), a moisi peu à peu entraînant ainsi une perte partielle et non négligeable (20 à 30 p.100) de ce foin.

La teneur en matières azotées digestibles des foins a augmenté après traitement, mais moins qu'on pouvait l'attendre, car la teneur en matières azotées non digestibles de ces foins est passée de 61 à 101 g / kg de MS ingérée après traitement, ce qui est considérable pour des pertes fécales. Les valeurs PDI qui figurent dans le tableau 2 ont été calculées selon les propositions de DULPHY *et al.* (1984).

Les valeurs azotées des fourrages ont aussi été appréciées à travers des bilans azotés efectués sur des moutons et des vaches pour l'essai I (tabl. 3). C'est l'azote de l'ensilage, dans le premier essai qui a été le mieux utilisé. Pour les foins, le traitement a eu un effet très néfaste puisque, pour une augmentation de 60 à 100 p.100 de l'azote ingéré, l'azote retenu a peu varié. Ceci démontre en fait une baisse de la valeur PDI après traitement, baisse cependant difficile encore à chiffrer. Par ailleurs, le bilan effectué sur vaches a confirmé les mesures effectuées sur moutons : pour une ingestion de 10,8 kg de MS de foin et de 3,5 kg de MS de concentré équilibré, apportant au total théoriquement 1400 g de PDI, pour un besoin d'environ 800 g, les vaches qui produisaient 8 kg de lait ont perdu 40 g d'azote par jour !

Notons que la digestibilité de la MO du premier foin traité, mesurée sur les vaches, a été de 68,3 p.100 (en supposant une valeur de la digestibilité du concentré de 82 p.100) contre 74,2 p.100 sur les moutons. La différence est probablement due à des effets associatifs négatifs entre fourrage et concentré chez les vaches.

TABLEAU 3

Bilans azotés effectués sur moutons et sur vaches laitières
(essai I)

en g/jour	6 moutons			4 vaches
	Ensilage d'herbe	Foin ventilé	Foin traité	Foin traité
N ingéré	31,3	26,1	51,9	526
N fécal	11,1	9,9	19,7	244
N urinaire	15,1	12,9	27,5	276
N du lait	-	-	-	46
N retenu	+ 5,09[a]	+ 3,30[a]	+ 4,71[a]	- 40

TABLEAU 4

Ingestion, production et bilans nutritifs des vaches

		Essai I : 1983 - 1984			Essai II : 1984 - 1985		
		Ensilage	Foin ventilé	Foin traité	Foin sec	Foin traité	Foin sec + foin traité
Quantités ingérées (kg MS)							
. fourrage		14,42[a]	14,82[a]	13,13[a]	13,3[a]	10,9[b]	6,4[a] + 7,1
. concentré équilibré *		4,36	4,30	4,45	3,22	4,44	3,19
. tourteau de soja		0	0	0,25	0	0	0
total		18,78	19,12	17,83	16,52	15,34	16,69
Production et composition du lait							
. lait brut (kg)		26,0[a]	23,6[b]	21,1[c]	16,2[a]	16,6[a]	16,6[a]
. lait à 4 % de MG (kg)		23,9[a]	22,3[b]	19,9[c]	15,3[a]	15,9[a]	16,1[a]
. taux butyreux	°/₀₀	36,4[a]	36,7[a]	36,5[a]	36,8[a]	37,7[a]	37,6[a]
. taux protéique	°/₀₀	30,5[a]	31,3[b]	30,3[a]	30,2[a]	30,2[a]	29,9[a]
Persistance du lait brut	%	90,8	87,1	79,6	86,8	93,9	92,9
Poids vif	kg	622	621	590	619	609	615
Gain de poids vif	g/j	+ 90[a]	- 95[b]	- 285[c]	+ 86[a]	+ 7[a]	+ 14[a]
Valorisation en UFL de chaque kg de MS de fourrage		0,77	0,67	0,58	0,65	0,67	0,63
Production de lait à 4 % de MG permise par le fourrage (kg)		14,0	11,0	6,2	8,3	5,1	8,3
Valeur UEB/kg MS estimée de chaque fourrage		0,99	0,93	0,98	0,96	1,11	0,96

NB : Les résultats suivis de lettres différentes sont significativement différents intra-essais.

* valeur nutritive du concentré : 0,9 UFL et 105 PDI/kg brut.

Enfin, deux heures après le début du repas de foin traité, la teneur en $N\text{-}NH_3$ du jus de rumen était de 42 mg/100ml (22 à 75), ce qui est élevé, mais n'a pas eu d'effet toxique durant la courte période d'étude (4 semaines) sur les vaches fistulisées du rumen, utilisées pour les mesures de digestibilité.

3. Performances des vaches laitières (tabl. 4)

a) Quantités ingérées

Au cours des deux années, le foin traité a été moins bien ingéré que le foin témoin (- 15 p.100 environ), mais dans l'essai I, l'ingestion, élevée au début, a chuté fortement par la suite (fig. ci-dessous), alors que dans l'essai II l'ingestion a toujours été faible, mais relativement stable. Compte tenu des capacités d'ingestion théoriques des vaches (JARRIGE *et al.*, 1979) et de la valeur d'encombrement des concentrés distribués la valeur UEB apparente du foin traité a été comparable à celle du foin témoin la première année, et supérieure de 16 p.100 la deuxième année. La ration mixte, dans le second essai, a été très bien ingérée. Dans cette ration la valeur d'encombrement du foin traité a été identique à celle du foin sec.

Notons que la mise en régime des animaux sur les foins traités (ils recevaient un foin classique non expérimental en période pré-expérimentale) a été progressive sur une semaine et qu'aucun effet toxique apparent de ces foins n'a été observé.

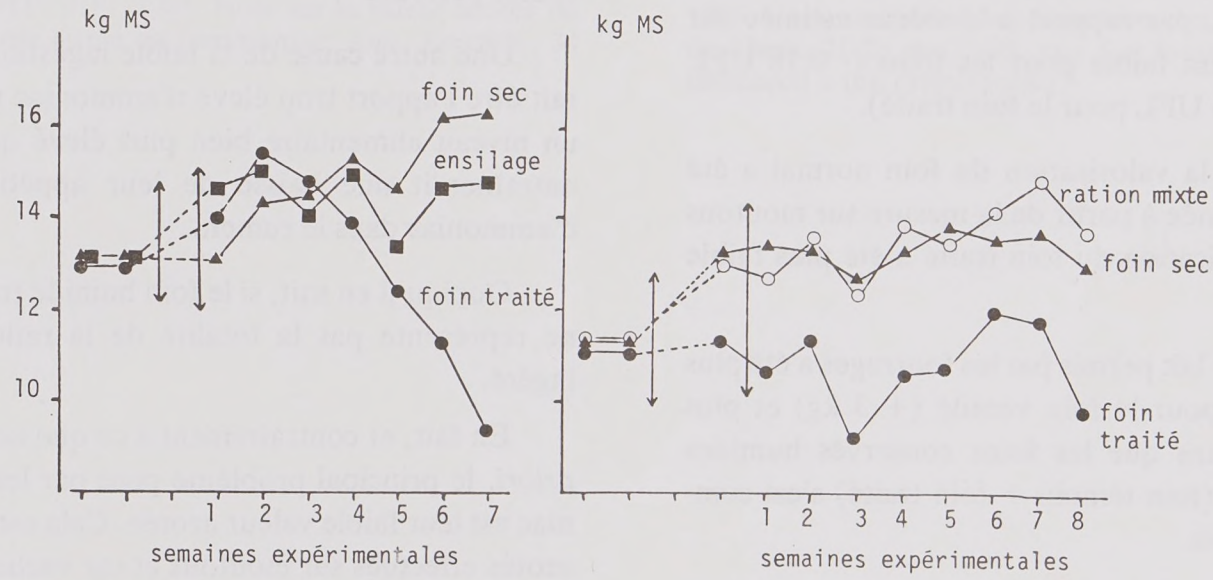
b) Production laitière

Dans le premier essai, la production laitière avec l'ensilage a été supérieure à celle obtenue avec les foins ($P < 0,05$). Le foin traité dans cet essai a entraîné une chute rapide de la production laitière qui s'est stabilisée au bout d'un mois à 3,5 kg de lait à 4 p.100 de MG au-dessous de celle correspondant à la distribution du foin normal. La différence moyenne ajustée de 2,4 kg est due au fait qu'en début d'essai les écarts de production étaient négligeables.

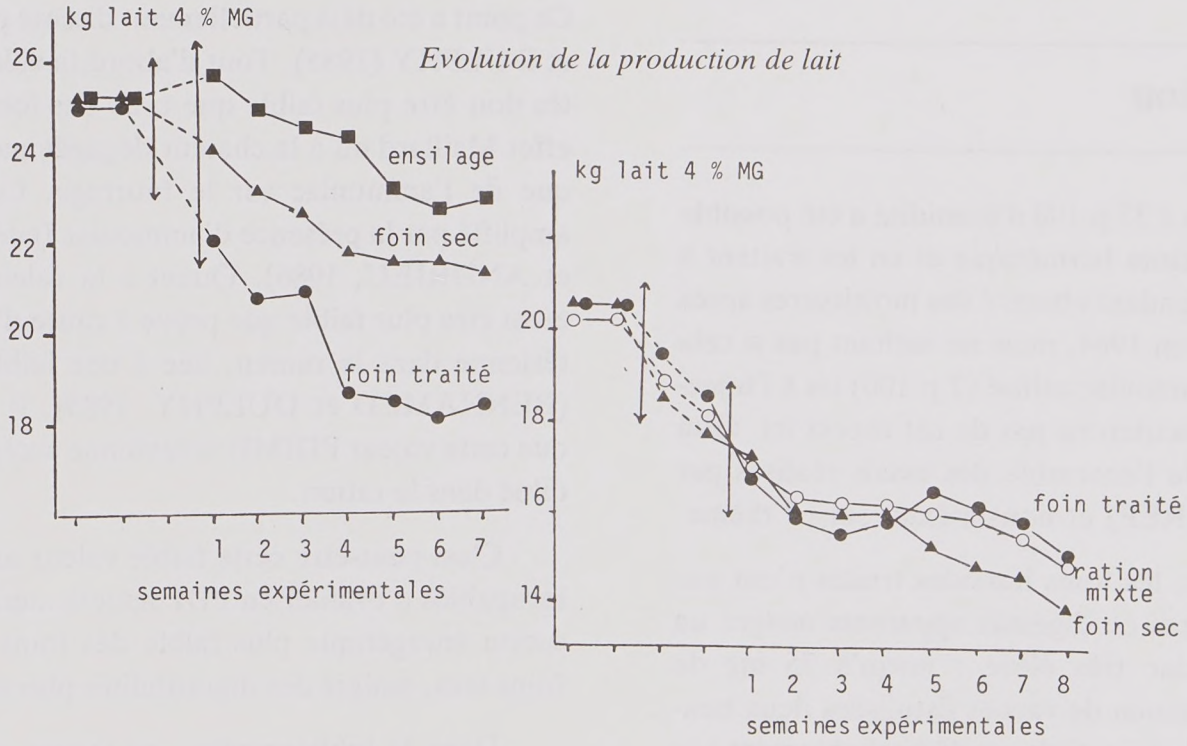
Dans le second essai, du fait des résultats antérieurs, nous avons fait l'hypothèse que le foin traité devait être distribué avec plus de concentré que le foin normal (+ 1kg, soit l'équivalent d'environ 2,3 kg de lait brut). Dans ces conditions, nous avons

Essai I Essai II

Evolution des quantités de fourrages ingérées



Evolution de la production de lait



observé des productions laitières comparables pour les deux foins. Nous avons fait également l'hypothèse que le fait de « diluer » le foin traité dans la ration corrigerait sa faible valeur azotée (HODEN et DULPHY, 1985). Nous avons effectivement observé un bon maintien de la production laitière dans le lot « mixte » en ne distribuant que 53 p.100 de la ration de base sous forme de foin traité (43 p.100 de la ration totale).

Les taux butyreux et les taux azotés du lait ont été peu affectés par la nature des rations comparées.

c) Variation de poids vif

Dans le premier essai, les vaches ont perdu près de 300 g/jour avec le foin traité et près de 100 g/jour avec le foin témoin, alors qu'elles reprenaient du poids avec l'ensilage.

Dans le second essai, par contre, il n'y a pas eu de différences significatives selon les lots.

d) Utilisation apparente de l'énergie des fourrages

Les apports de PDI, calculés à partir des valeurs du tableau 2, ont été largement excédentaires. Cependant, la valeur PDI réelle des foins traités étant inconnue, il subsiste un doute pour les rations correspondantes. Malgré cette réserve et à partir des performances des animaux, on a calculé la « valorisation énergétique » de chaque kg de MS de fourrage (tabl. 4).

Dans le premier essai, cette valorisation a été plutôt faible pour l'ensilage (- 0,10 UFL par rapport à la valeur estimée sur moutons) et particulièrement faible pour les foins (- 0,18 UFL pour le foin ventilé et - 0,34 UFL pour le foin traité).

Dans le second essai, la valorisation du foin normal a été comparable à la valeur estimée à partir de la mesure sur moutons (+ 0,03 UF), mais la valorisation du foin traité a été plus faible (- 0,05 UFL).

Dans ces conditions, le lait permis par les fourrages a été plus élevé pour l'ensilage que pour le foin ventilé (+ 3 kg) et plus élevé pour les foins témoins que les foins conservés humides (+ 4 kg). La ration mixte (foin témoin + foin traité) s'est comportée comme le foin témoin.

Discussion - Conclusion

La conservation de foins à 35 p.100 d'humidité a été possible en les plaçant dans une enceinte hermétique et en les traitant à l'ammoniac. Nous avons cependant observé des moisissures après la mise à l'air du foin traité en 1984, mais ne sachant pas si cela était dû à la faible dose d'ammoniac utilisé (2 p.100) ou à l'injection fractionnée, nous ne discuterons pas de cet aspect ici. Cela sera fait lors de l'examen de l'ensemble des essais réalisés par ZWAENEPOEL (CEMAGREF) et nous-mêmes sur ce thème.

Distribués à des vaches, les foins humides traités n'ont pas entraîné de troubles sanitaires ou digestifs apparents malgré un apport journalier d'ammoniac très élevé : jusqu'à 75 mg de $N\text{-}NH_3$ par 100 ml dans le rumen de vaches fistulisées deux heures après le début du repas de foin. Cela est dû probablement à la mise en régime progressive des animaux et au fait qu'ils recevaient un aliment riche en énergie. Dans la pratique, nous ne recommanderons cependant de ne pas distribuer un foin humide traité à l'ammoniac comme seul composant de la ration de base. MANGIN et CASSARD (1986) ont ainsi pu distribuer une ration mixte foin traité + foin sec sans problème particulier pour les animaux.

Les moutons ingèrent plus les foins humides traités que les foins secs témoins, alors que c'est le contraire pour les vaches. L'appétence ne semble pas être la cause dans le premier essai dans lequel le foin humide s'est aussi bien ingéré que le foin sec pendant un mois, ni dans la ration mixte où le foin humide a été bien ingéré. Malgré tout, l'ingestion plus faible du foin traité distribué seul dans le second essai pourrait être partiellement due au fait qu'il était moins bien conservé que celui du premier essai.

Dans l'hypothèse où l'appétence du foin traité est satisfaisante (bonne qualité de conservation), la baisse d'appétit des animaux en production pourrait être due au fait que leurs besoins azotés ne sont pas correctement couverts. Ce fait est confirmé, dans le premier essai, par la chute rapide de la production de lait pour les animaux recevant le foin traité, alors qu'à la mise en lot les différences de production entre lots étaient négligeables. Dans le second essai l'augmentation de l'apport de concentré a dû être suffisante, pour contrebalancer ce problème. Dans le premier essai il y a eu simultanéité entre l'apport supplémentaire de tourteaux de vaches et l'arrêt de la chute de la production de lait, mais une liaison de cause à effet n'est qu'hypothétique sur une si courte période.

Une autre cause de la faible ingestion des foins traités pourrait être l'apport trop élevé d'ammoniac pour les vaches, qui ont un niveau alimentaire bien plus élevé que les moutons, ce qui entraînerait une baisse de leur appétit pour réduire l'excès d'ammoniac dans le rumen.

Quoiqu'il en soit, si le foin humide traité est bien conservé et ne représente pas la totalité de la ration de base, il est bien ingéré.

En fait, et contrairement à ce que nous pouvions supposer *a priori,* le principal problème posé par les foins traités à l'ammoniac est leur faible valeur azotée. Cela est démontré par les bilans azotés effectués sur moutons et sur vaches dans le premier essai. Ce point a été déjà partiellement discuté par ailleurs par HODEN et DULPHY (1985). Tout d'abord,la valeur PDIA des foins traités doit être plus faible que celle des foins témoins à cause d'un effet Maillard dû à la chaleur dégagée par la réaction exothermique de l'ammoniac sur le fourrage. Cet effet serait en outre amplifié par la présence d'ammoniac (cité par DEMARQUILLY et ANDRIEU, 1986). Quant à la valeur PDIME elle pourrait aussi être plus faible que prévu à cause d'une faible synthèse bactérienne dans le rumen, liée à une faible activité cellulolytique (BENHAMED et DULPHY, 1985). Il est cependant probable que cette valeur PDIME redevienne acceptable si le foin traité est dilué dans la ration.

C'est peut-être cette faible valeur azotée, que nous sommes incapables d'évaluer en PDI actuellement, qui explique la valorisation énergétique plus faible des foins traités par rapport aux foins secs, malgré des digestibilités plus élevées.

Dans la bibliographie, on trouve beaucoup d'essais sur la conservation des foins humides à l'ammoniac, mais pratiquement

rien sur leur utilisation par des animaux en production. Deux essais danois (WINTHER *et al.*, 1983) montrent cependant que ces foins sont très appétents et que leur distribution, à la place du foin témoin ventilé (niveau d'ingestion de 9,2 kg de MS contre 7,8 pour le second) ne modifie guère la production de lait à 4 p.100 de MG (14,4 contre 14,2 kg), mais augmente le gain de poids qui passe de 218 à 584 g/jour. Ce bon résultat doit être dû à une bonne conservation du foin traité et au fait que la couverture des besoins azotés des animaux est assurée, ce qui est d'autant plus facile qu'ils étaient faibles producteurs, comme dans notre second essai.

En conclusion, il est possible de distribuer des foins humides traités à l'ammoniac à des animaux en production, mais d'autres essais sont nécessaires pour avoir une bonne idée des conséquences entraînées par cette technique de conservation. En attendant, nous recommandons à ceux qui auraient à distribuer des foins humides traités de faire en sorte qu'ils ne représentent pas plus de 50-60 p.100 dans la ration de base. Nous poursuivons en outre l'étude de ces foins avec des génisses.

Références bibliographiques

BENAHMED H., DULPHY J.P., 1985. Note sur la valeur azotée de fourrages pauvres traités par l'urée ou l'ammoniac. *Ann. Zootech.*, **34** (3), 91-102.

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., 1985. Prévision de la valeur alimentaire des fourrages secs au laboratoire. XVI[èmes] Journées du Grenier de Theix, 21-23 mai 1985. in *« Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation »* (en préparation).

DULPHY J.P., BOISSAU J.M., LEBLANC F., 1984. Influence du traitement à l'ammoniac sur la valeur alimentaire de pailles distribuées à des génisses. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **55,** 25-32.

HODEN A., DULPHY J.P., 1985. Azote non protéique et tannage des tourteaux économiseurs de protéines chez les ruminants. *B.T.I.,* n° spécial protéines, 145-155.

JARRIGE R. *et al.,* 1979. Le système des unités d'encombrement pour les bovins. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **38,** 57-79.

KNAPP W.R., HOLT D.A., LECHTBENBERG V.L., 1975. Hay preservation and quality improvement by anhydrous ammonia. *Agron. J.,* **67,** 766-769.

KUNTZEL V., LESHEM Y., PAHLOW G., 1980. Anhydrous ammonia as a moist hay preservative. in *« Forage conservation in the 80's ».* C. Thomas Ed., 252-256.

MANGIN J.P., CASSARD, 1986. Traitement du foin humide à l'ammoniac. XVI[èmes] Journées du Grenier de Theix, 21-23 mai 1985. in *« Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation »* (en préparation).

WINTHER P., SKOVBORG E.B., KRISTENSEN V.F., WOLSTRUP J., LUND E.H., 1983. Different methods for preservation of hay. Beretning fra Faellesudvalget for statens planteavls. og Husdyrbrugsforsog. 40 p.

WOOLFORD M.K., TETLOW R.M., 1984. The effect of anydrous ammonia and moisture content on the preservation and chemical composition of perennial rye-grass hay. *Anim. Feed Sci. Technol.,* **11,** 159-166.

ZWAENEPOEL P., DULPHY J.P., PELHATE J., BRETON A., 1986. La conservation des foins humides. XVI[èmes] Journées du Grenier de Theix, 21-23 mai 1985. in *« Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation »* (en préparation).

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 27-33

Utilisation du blé par les vaches laitières : influence de la forme de présentation

J.B. COULON, M. DIDI [1] et B. REMOND
avec la collaboration technique de A. OLLIER, Renée LEFAIVRE et Jeannette FLECHET
Laboratoire de la Lactation

Le blé est la céréale la plus cultivée dans les pays tempérés. C'est aussi celle qui a fait l'objet du plus grand nombre de travaux de recherche visant à son amélioration quantitative et qualitative de sorte qu'en France, sa production a presque doublé entre 1970 et 1980 alors que celles de l'orge et du maïs n'augmentaient respectivement que de 43 et 23 p.100. En 1984, année particulièrement favorable à la production de céréales, la production de blé tendre française a atteint 32 millions de tonnes, soit 56 p.100 de la production totale de céréales.

Cependant, bien que de composition voisine de celle de l'orge et donc particulièrement riche en énergie (1,05 UFL/kg brut), le blé n'a jusqu'à présent été que peu utilisé dans l'alimentation des ruminants, d'une part pour des raisons psychologiques (le blé est la céréale de l'alimentation humaine) ou économique (prix élevé) et d'autre part parce qu'on lui reprochait son manque d'appétibilité et surtout les accidents digestifs qu'il provoque lorsqu'on le distribue brutalement en grande quantités (THIVEND, 1969). Si un certain nombre d'études ont été réalisées chez des bovins à l'engrais (cf. en France les travaux de l'ITCF), seuls quelques travaux ont été entrepris chez la vache laitière (Mc PHERSON et WALDERN, 1969 aux USA ; HODEN *et al.*, 1974 en France) qui ont conclu à la possibilité d'utiliser le blé dans les mêmes conditions que les autres céréales. Aucune étude cependant n'a porté sur la forme de présentation du blé, et en particulier sur la forme entière.

L'objectif de cette étude a donc été : d'une part de préciser, au cours d'un essai d'alimentation, les conséquences de l'utilisation de blé et l'influence de sa forme de présentation sur les performances et la santé de vaches laitières en début de lactation (c'est-à-dire à une période où les quantités d'aliment concentré distribuées sont les plus importantes), et de les relier à l'utilisation digestive de la ration ; d'autre part d'analyser, au cours d'un essai de digestion, les modifications de la digestion dans le rumen liées à la distribution de blé séparément du fourrage, comme ce serait le cas s'il était distribué en salle de traite.

(1) Adresse actuelle : Institut de Technologie agricole, Département de Zootechnie, B.P. 120 - Mostaganem, Algérie

(2) Composition (p.100 MS) : blé 20, orge 20, pulpes de betteraves 30, tourteaux 22, minéraux 3.

Conditions expérimentales

A partir de leur dernière semaine de gestation et pendant leurs 12 premières semaines de lactation, 2 lots de 9 vaches de type Pie Noir (7 primipares et 2 multipares) ont reçu, en plus d'une ration de base d'ensilage de maïs distribué à volonté, du blé sous forme entière (lot BE) ou broyée grossièrement (lot BB) (48 p.100 des particules comprises entre 0,4 et 1 mm et 68 p.100 supérieures à 0,4 mm). Les principales conditions expérimentales relatives à cet essai sont précisées au tableau 1.

Au cours de leur 12ème semaine de lactation, 4 primipares par lot ont fait l'objet d'une période de digestibilité (5 jours de mesures) au cours de laquelle la ration offerte a été de composition constante (35 p.100 de blé entier ou broyé, 5 p.100 de tourteau de soja-colza tanné, 60 p.100 d'ensilage de maïs) et distribuée en quantités limitées (-0,5 kg de MS par rapport aux quantités ingérées les 2 semaines précédentes).

Dans le 2ème essai, 3 vaches fistulées (dont 2 ayant participé à l'essai d'alimentation) ont fait l'objet d'un carré latin 3×3, au cours duquel elles ont reçu successivement, durant 3 périodes de 3 semaines chacune, l'un des 3 traitements suivants : blé broyé distribué en mélange avec l'ensilage de maïs ou séparément (1h avant), ou concentré de type production [2] distribué séparément de l'ensilage de maïs. Dans les 3 traitements et pour les 3 vaches, la ration était de composition constante : 60 p.100 d'ensilage de maïs, 40 p.100 de concentré (28 p.100 de blé et 12 p.100 de tourteau tanné pour les 2 premiers traitements ; 33 p.100 de concentré production et 7 p.100 de tourteau tanné pour le troisième). De l'urée (150 g/j) et un aliment riche en minéraux (300 g/j) ont d'autre part été offerts aux animaux.

TABLEAU 1

Principales conditions expérimentales

ANIMAUX	19 vaches de type Pie noire (14 primipares + 5 multipares) dont 3 vaches fistulées (2 seulement ont participé à l'essai d'alimentation), conduites en stabulation entravée et paillée, sauf durant la période de digestibilité.
RATIONNEMENT DES VACHES EN ESSAI D'ALIMENTATION (pour la période de digestibilité et l'essai de digestion voir le texte)	
* Ration de base	Ensilage de maïs (29 p.100 de MS) distribué à volonté + 150 g d'urée + 0,5 kg de tourteau de soja-colza tanné + 300 g d'un aliment riche en minéraux.
* Aliment concentré	Blé sous forme entière (lot BE) ou broyé (lot BB) + tourteau tanné (environ 15 p.100 du concentré total), mélangés à l'ensilage et distribués à raison de 1 kg par tranche de 2,5 kg de lait au-dessus de 14 kg pour les multipares, 11 kg pour les primipares ayant vêlé à 3 ans et 9 kg pour celles ayant vêlé à 2 ans.

* Composition chimique des aliments	Ens. maïs	Blé	Tourteau tanné (Soja - Colza)
MS p.100	28,7	87,9	88,4
MAT p.100 MS	8,9	13,5	44,0
CB p.100 MS	15,7	2,5	6,9

MESURES	
1. Zootechniques	Quantités ingérées : 3 jours par semaine Production et composition du lait : idem. Poids vif : la 1ère semaine puis tous les 14 jours.
2. Digestibilité	Collecte individuelle des fécès pendant 5 jours pour détermination de la digestibilité apparente de la MS, de la matière organique et de l'amidon de la ration. Mesure du poids de grains de blé excrétés dans les fécès.
3. Digestion	Au cours de l'essai d'alimentation : Prélèvement de jus de rumen par sonde oesophagienne, en début d'après-midi, chez 5 vaches par lot, au cours du 2ème mois de lactation. Analyse de la composition du mélange des AGV. Au cours de la dernière semaine de chaque période de l'essai de digestion : prélèvement de jus de rumen, le mardi et le jeudi, juste avant la distribution des aliments du matin, 1h, 3h et 5h après. Mesure immédiate du pH et analyse de la composition du mélange des AGV.

Résultats

Les quantités de matière sèche totale ingérées ont été en moyenne identiques dans les 2 lots ; les animaux recevant le blé sous forme broyée ont cependant présenté des baisses d'ingestion passagères au cours du 3ème mois de lactation.

En moyenne, au cours des 12 premières semaines de lactation, les animaux du lot BB ont ingéré un peu plus de blé que ceux du lot BE (3,9 kg MS contre 3,5, soit 24 et 27 p.100 de la MS totale) (tabl. 2), parce qu'ils ont été complémentés en fonction de leur production initiale, qui était supérieure. Ces quantités de blé ingérées sont passées de 2,5 kg MS / j en 1ère semaine de lactation à 3,5 (lot BE) ou 4,0 (lot BB) au cours du 2ème mois de lactation. Elles ont atteint, chez certains animaux 6 kg MS (soit 35 p.100 de la MS totale). Bien que nous n'ayons pas fait d'observations spécifiques et que nous ne disposions pas d'animaux témoins, l'appétibilité des rations n'a pas semblé être affectée par la présence de blé.

Les quantités ingérées d'ensilage de maïs ont été un peu supérieures chez les animaux du lot BE (de 1 kg de MS / j) de sorte que les quantités ingérées totales ont été voisines dans les 2 lots (14,6 kg MS / j pour le lot BE contre 14,2 pour le lot BB, soit respectivement 2,54 et 2,55 kg MS / 100 kg de poids vif). Au cours des 2 premiers mois de lactation, les quantités ingérées ont évolué de façon semblable dans les 2 lots (fig. 1). Elles ont augmenté en moyenne de 4,7 kg soit de 43 p.100.

TABLEAU 2

Principaux résultats zootechniques des vaches en essai d'alimentation
Les valeurs entre parenthèses sont des moyennes ajustées en introduisant dans l'analyse la production initiale comme covariable

	FORME D'APPORT DU BLE		SEUIL DE SIGNIFICATION	
	ENTIERE	BROYEE	(1)	(2)
Effectif	9	9		
Production laitiére initiale (kg/j)(3)	16,8	19,2		
Poids vif en lère sem. de lactation (kg)	575	556		
Production et composition du lait (4)				
Lait (kg/j)	18,3 (19,3)	23,0 (22,0)	**	**
Lait 4 % (kg/j)	19,0 (20,0)	23,1 (22,2)	*	*
Tx butyreux (g p.1000)	41,1	38,9	NS	
tx protéique(g p.1000)	29,8	30,6	NS	
Mat. grasses (g/j)	771 (812)	916 (876)	NS	NS
Mat. protéiques (g/j)	555 (581)	719 (693)	**	**
Quantités ingérées (kg MS/j) (4)				
Ensilage de maïs	9,8	8,8	NS	
Blé	3,5	3,9	NS	
Ration totale	14,6	14,2	NS	
Variation de poids vif (kg) au cours des :				
6 premières semaines	-22	-14	NS	
12 premières semaines	-31	-14	NS	

(1) Analyse de variance simple
(2) Analyse de variance avec la production initiale en covariable
(3) Production des 4ème, 5ème et 6ème jours de lactation.
(4) Moyennes des 12 premières semaines

Au cours du 3ème mois de lactation, 7 des 9 animaux du lot BB ont présenté des chutes d'ingestion plus ou moins importantes (-2 à -6 kg MS/j d'une semaine à l'autre) mais en général plus marquées chez ceux recevant des quantités élevées de blé (5 à 6 kg de MS par jour). Ces anomalies de l'ingestion, qui ne se sont pas poursuivies au delà de la 11ème semaine de lactation, n'ont pas été accompagnées de troubles sanitaires particuliers et n'ont pas nécessité de traitement médicamenteux. Elles ont entrainé une diminution des quantités ingérées moyennes du lot BB d'environ 2 kg MS/j au cours des 9ème et 10ème semaines de lactation. Aucune chute d'ingestion importante n'a été observée chez les animaux du lot BE.

La production laitière des animaux recevant le blé broyé a été supérieure de plus de 4 kg/j à celle des animaux au blé entier et leur perte de poids vif inférieure de 17 kg.

L'écart entre les 2 lots existe dès la première semaine de lactation (1,9 kg/j) et s'accroît très rapidement jusqu'en 4ème semaine. Il est maximum au cours du 2ème mois de lactation (5,5 kg/j) et diminue ensuite, en raison d'une décroissance plus rapide de la production laitière du lot BB, en liaison avec les chutes d'ingestion survenues à cette période dans ce lot. Si l'on tient compte de la production initiale plus élevée des vaches du lot BB, la différence de production laitière au cours des 12 premières semaines de lactation se réduit à 2,7 kg/j, mais reste hautement significative ($P < 0,01$).

En fait, les animaux du lot BE ont présenté une courbe de lactation « tronquée » (fig. 1) : leur accroissement de production entre la production initiale (4ème, 5ème et 6ème jour de lactation) et maximale n'a ainsi été que de 3,9 kg contre 7,2 pour les animaux du lot BB.

Exprimée en lait 4 p.100, l'écart entre les 2 lots est légèrement plus faible (4,1 kg/j sur les 12 premières semaines de lactation), car les vaches du lot BE ont présenté un taux butyreux plus élevé (de 2,2 g p.1000 sur les 12 premières semaines de lactation ; $P > 0,05$). En revanche, leur taux protéique a été inférieur à celui des vaches du lot BB, de 0,8 g p.1000 en moyenne ($P > 0,05$), et ce d'autant plus que la lactation se déroulait puisque l'écart a atteint 1,5 g p.1000 au cours des semaines 8 à 12 ($P < 0,05$). En conséquence, les animaux du lot BB ont produit, sur l'ensemble de l'essai, 145 g/j de matières grasses ($P > 0,05$) et 164 g/j de protéines ($P < 0,01$) de plus que ceux du lot BE.

Les animaux du lot BE, qui pesaient au vêlage 19 kg de plus que ceux du lot BB, ont perdu plus de poids au cours des 6 premières semaines de lactation (22 kg contre 14) et surtout au cours des semaines 7 à 12 (9 contre 0). Ces différences ne sont cependant pas significatives en raison des très importantes variations individuelles à l'intérieur de chaque lot.

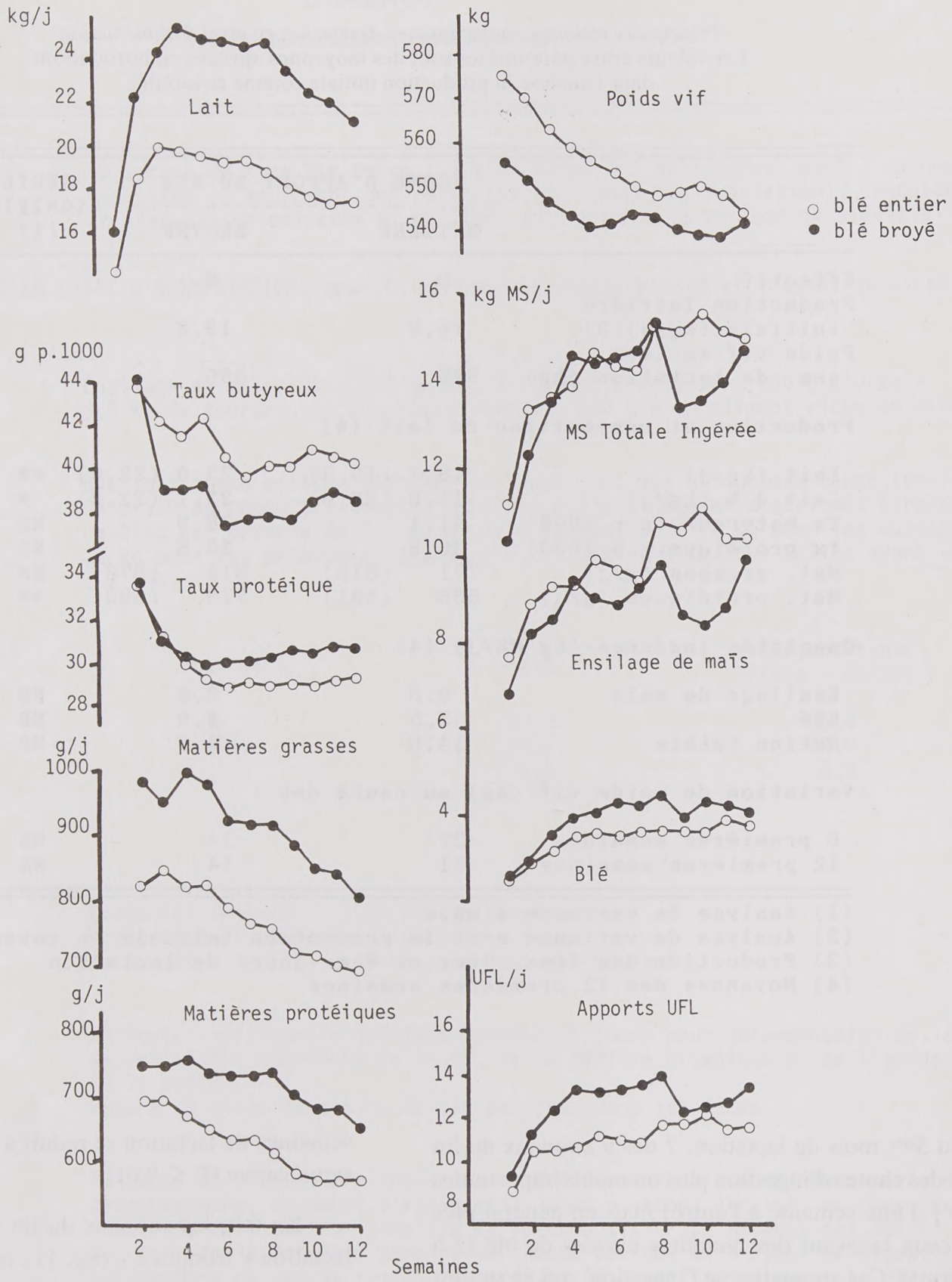


FIG. 1 : *Evolution des principaux paramètres zootechniques au cours des 12 premières semaines de lactation*

La digestibilité du blé entier a été inférieure de 32 points p.100 à celle du blé broyé, et sa valeur énergétique calculée de 0,5 UFL / kg MS.

Les digestibilités (apparentes) de la MS, de la matière organique (MO) et de l'amidon de la ration totale ont été respectivement plus élevées de 10,7, 11,3 et 28,6 points p.100 dans le lot BB que dans le lot BE (tabl. 3). Ces mesures nous ont permis d'estimer la digestibilité de la MO et de l'amidon des 2 formes de blé, puisque les régimes offerts aux 2 lots ne se différenciaient que par cette forme d'apport. Quelle que soit la méthode d'estimation adoptée (nous avons supposé que la valeur de digestibilité de la MO était celle portée dans les tables soit pour l'ensilage de maïs, soit pour le blé broyé - cf. tableau 3 -), la digestibilité de la MO du blé entier est inférieure de 32 points p.100 à celle du blé broyé et sa valeur énergétique de 0,52 UFL / kg MS. Ces écarts sont à relier à la baisse très importante de la digestibilité de l'amidon du blé quand il est présenté sous forme entière (- 52 points p.100). Ils ont entraîné une différence d'apports énergétiques qui a dépassé 2 UFL par jour au cours du 2ème mois de lactation (fig. 1).

L'estimation de la digestibilité de la MO du blé à partir de la mesure des quantités de grains présents dans les bouses conduit à une valeur de 47 p.100, proche de celle obtenue à partir de la digestibilité de la ration totale lorsque l'on fixe celle de l'ensilage de maïs à 71 p.100 (tabl. 3). Les grains excrétés pourraient cependant être partiellement attaqués dans le tube digestif, puisqu'ils y perdent en moyenne 11 p.100 de leur poids.

TABLEAU 3

Digestibilité et valeur énergétique du blé

	FORME D'APPORT DU BLE	
	ENTIERE	BROYEE
Digestibilité mesurée de la ration (p.100)		
Matière sèche	61,9	72,6
Matière organique	63,6	74,9
Amidon	67,6	96,2
Estimation de la digestibilité de la MO du blé entier et de sa valeur énergétique en prenant la DMO des Tables de valeur alimentaire (DEMARQUILLY et al.,1978a)(1):		
1. pour l'ensilage (71%)		
DMO p.100	48,3	80,7
UFL/kg MS	0,56	1,06
2. pour le blé broyé (89%)		
DMO p.100	56,2	89,0
UFL/kg MS	0,68	1,21

(1) Nous avons d'autre part supposé 1) Qu'il n'y avait pas d'interaction digestive, 2) Que la DMO du tourteau était de 83% (DEMARQUILLY et al.,1978a). Nous avons calculé la valeur énergétique du blé à partir des formules proposées par DEMARQUILLY et al. (1978b).

TABLEAU 4

Composition du mélange des AGV du rumen (Mole p.100) *chez les animaux en essai d'alimentation* (5 vaches par lot)

	FORME D'APPORT DU BLE	
	ENTIERE	BROYEE
Acide acétique	61,9 ± 0,9	59,5 ± 5,5
Acide propionique	18,1 ± 2,2	22,6 ± 5,4
Acide butyrique	15,2 ± 2,2	13,1 ± 1,0

La digestion dans le rumen (pH et composition du mélange des AGV) n'a pas été fortement modifiée par la forme de présentation ou le mode de distribution du blé.

Dans l'essai d'alimentation, il n'y a pas eu de différence significative dans la composition du mélange des AGV du rumen selon que les animaux recevaient le blé sous forme entière ou broyée (tabl. 4). La proportion d'acide propionique a cependant été légèrement supérieure (de 4,5 points p.100) et celles en acides acétique et butyrique légèrement inférieures (de respectivement 2,4 et 2,1 points p.100) chez les animaux du lot BB.

Dans l'essai de digestion, les cinétiques d'évolution du pH, de la concentration totale des AGV et de la proportion des principaux AGV du rumen ont été tout à fait semblables dans les 3 traitements (fig. 2). En particulier, il n'y a pas eu de différence, pour ces paramètres, selon que les animaux recevaient le concentré seul durant la 1ère heure (et qu'ils en ingéraient environ 2 kg au cours de cette heure), ou qu'ils le recevaient mélangé à l'ensilage.

Le pH a décru de 0,6 unité au cours des 3 premières heures suivant la distribution des aliments, en même temps qu'augmentait la concentration totale des AGV (de 33 mM/l). La proportion d'acide acétique a baissé en moyenne de 7 points p.100 au cours de ces 3 heures tandis que celles d'acides propionique et butyrique augmentaient respectivement de 3 et 4 points p.100.

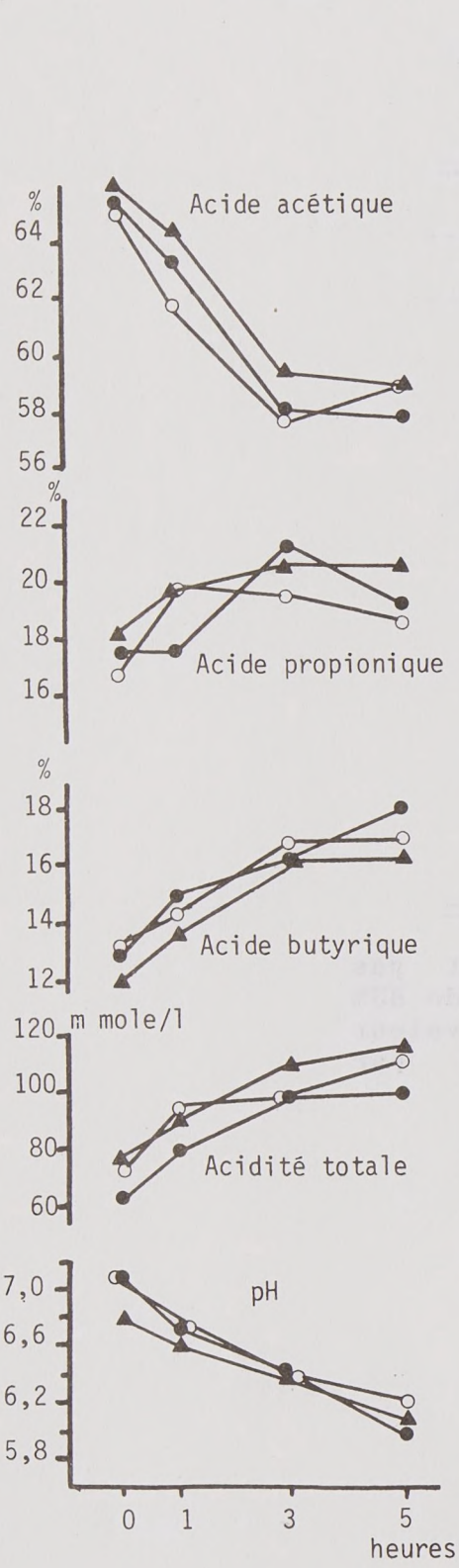


FIG. 2 : *Evolution du pH et de la composition du mélange des AGV après la distribution des aliments* (vaches fistulées)

Discussion et conclusion

Dès les premiers jours de lactation, les animaux recevant le blé sous forme entière ont produit moins de lait que ceux le recevant sous forme broyée ; il est possible que cet écart soit dû en partie à la mise en lot, toujours difficile à réaliser avec des primipares, mais il est probable qu'il soit déjà lié, au moins partiellement, à la forme de présentation du blé. L'effet propre du traitement doit donc se situer entre 2,7 kg (valeur ajustée en fonction de la production initiale) et 4,7 kg/j (valeur non ajustée) à l'avantage du blé broyé et vraisemblablement plus près de cette dernière valeur. Cette plus faible production des animaux du lot BE n'est pas due à un niveau d'ingestion inférieur, mais à une digestibilité de la MO beaucoup plus faible (de 32 points p.100 pour le blé). En effet, contrairement aux ovins (ORSKOV *et al.*, 1974), les bovins ne digèrent que partiellement le grain de blé entier comme l'avait déjà observé TOLAND (1976) chez des taurillons (-17 points p.100 par rapport à la forme aplatie), vraisemblablement parce qu'ils broyent moins efficacement les aliments lors de la mastication (CARLE et DULPHY, 1980) et que la dureté du grain et de ses enveloppes le protège ensuite de la dégradation dans le rumen.

Les bonnes performances des animaux recevant le blé sous forme broyée confirment les quelques résultats déjà obtenus avec cette céréale comparativement à l'orge ou au maïs (HODEN *et al.*, 1974) même lorsque les quantités offertes étaient importantes (50 p.100 de blé dans la ration ; Mc PHERSON et WALDERN, 1969 ; TOMMERVIK et WALDERN, 1969). Les chutes d'ingestion observées chez la majorité des animaux du lot BB au moment où ils recevaient le blé en quantités importantes (environ 5 kg/j) n'ont été accompagnées d'aucun trouble sanitaire, comme c'est d'ailleurs le cas lorsqu'on ménage aux animaux une période d'adaptation (THIVEND, 1969). Elles incitent néanmoins à la prudence, car il est raisonnable de penser qu'elles ont pour cause des troubles de la digestion dans la panse : associé à de l'ensilage de maïs, le blé conduit à des rations très riches en amidon (40 p. 100 de la MS dans notre essai) qui pourraient occasionner temporairement des troubles de l'ingestion et/ou de la digestion. Nous n'avons cependant observé aucune modification importante de la digestion dans le rumen, ni sous l'effet de la forme d'apport ni sous celui du mode de distribution. Les valeurs de pH et de composition du mélange des AGV du rumen ont été tout à fait comparables à celles observées avec des régimes à base d'ensilage de maïs et d'aliment concentré classique (DOREAU *et al.*, 1981 ; COULON *et al.*, 1984). Il faut cependant noter que, sauf pendant la période de mesure de la digestibilité, les animaux étaient installés sur une abondante litière de bonne paille dont l'éventuelle consommation, même en petite quantité, a pu limiter l'effet des traitements sur la digestion dans le rumen.

En définitive, cet essai a montré que les vaches laitières n'étaient pas capables de valoriser efficacement du blé distribué en l'état en raison de la faible digestibilité de cette forme de présentation. Par contre, l'utilisation sous forme grossièrement broyée, jusqu'à 25 p.100 de la ration environ, doit permettre des résultats très satisfaisants sans affecter la santé des animaux. Il est cependant nécessaire de les habituer à cet aliment et peut-être de ne pas dépasser des quantités journalières de l'ordre de 5 kg (30 p.100 de la ration). Il est vraisemblable que l'utilisation d'une forme aplatie aurait donné des résultats au moins aussi bons, dans la mesure où sa digestibilité est voisine de celle de la forme broyée (0,85 contre 0,86 - Résultats obtenus à partir d'une compilation bibliographique, DIDI, 1985), et sa vitesse de digestion doit être moins élevée. Utilisé sous cette forme chez des taurillons à l'engrais, le blé a d'ailleurs donné des résultats très satisfaisants jusqu'à des quantités représentant 75 p.100 de la ration totale (ITCF-ITEB, 1985).

Références bibliographiques

CARLE Brigitte, DULPHY J.P., 1980. Comportement alimentaire comparé des ovins et des bovins. Relation avec la digestion des aliments. *Reprod. Nutr. Dév.*, **20,** 1633-1639.

COULON J.B., DOREAU M., REMOND B., JOURNET M., 1984. Capacité d'ingestion des vaches laitières en début de lactation. 2. Les

anomalies de l'ingestion. Liaisons avec l'état sanitaire et quelques paramètres du métabolisme énergétique et de la digestion. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **55,** 43-51.

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., SAUVANT D., 1978. Tableaux de la valeur nutritive des aliments. In *« Alimentation des Ruminants »,* Ed. INRA Publications (Route de St Cyr), 78000 Versailles, 469-518.

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., SAUVANT D., DULPHY J.P., 1978. Composition et valeur nutritive des aliments. In *« Alimentation des Ruminants »,* Ed. INRA Publications (Route de St Cyr), 78000 Versailles, 519-555.

DIDI M., 1985. Utilisation du blé par les vaches laitières. Influence de la forme de présentation. Mémoire DEA. Laboratoire de la Lactation, INRA Theix.

DOREAU M., JOURNET M., MARQUIS B., OLLIER A., 1981. Variations de la digestibilité de la ration et de quelques paramètres sanguins chez la vache laitière à proximité du vélage. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **44,** 17-22.

HODEN A., REMOND B., JOURNET M., 1974. Utilisation comparée de 3 céréales grain (maïs, blé, orge) par les vaches laitières au début de la lactation. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **16,** 17-20.

ITCF-ITEB, 1985. Du blé aplati pour engraisser les taurillons. *Colostrum,* **36,** 13-14.

Mc PHERSON R.G., WALDERN D.E., 1969. Pacific Northwest soft white wheat for lactating cows. *J. Dairy Sci.,* **52,** 84-89.

ORSKOV E.R., FRASER C., GORDON J.G., 1974. Effect of processing of cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time and firmness of subcutaneous fat in lambs. *Br. J. Nutr.,* **32,** 59-69.

THIVEND P., 1969. Le blé dans l'alimentation du ruminant. *B.T.I.,* **244,** 1-6.

TOLAND P.C., 1976. The digestibility of wheat, barley or oat grain fed either whole or rolled at restricted levels with hay to steers. *Aust. J. exp. Agric. anim. Husb.,* **16,** 71-75.

TOMMERVICK R.S., WALDERN D.E., 1969. Comparative feeding value of wheat, corn, barley, milo, oats and a mixed concentrate ration for lactating cows. *J. Dairy Sci.,* **52,** 68-73.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 35-46

Pâturage en zone de montagne : niveaux de chargement et de complémentation pour des vaches laitières

J.P. GAREL* et A. HODEN**
avec la collaboration de E. ALBARET* et de J.N. RAMPON*

** INRA, Domaine expérimental de Marcenat (15330)*
*** INRA St-Gilles, Station de Recherches sur la Vache laitière, 35590 L'Hermitage*

En zone de demi-montagne, en l'absence de cultures fourragères, les surfaces à base de prairies naturelles doivent assurer le pâturage du troupeau de vaches laitières et d'importantes réserves hivernales. Cette période de pâturage doit en outre permettre aux animaux de reconstituer leurs réserves corporelles après la période hivernale souvent longue et entrainant une sous-alimentation parfois importante (COULON *et al.*, 1985).

A la différence des zones de plaine, la mise à l'herbe s'effectue généralement sur des surfaces correspondant à des parcelles difficilement fauchables. Au printemps, la maîtrise de la croissance rapide de l'herbe nécessite un chargement élevé, ce qui risque de provoquer une baisse des performances individuelles, en l'absence d'un niveau de complémentation adéquat. A partir de la mi-saison, les repousses étant insuffisantes, il faut ajouter des surfaces additionnelles qui proviennent tout d'abord de parcelles fauchées à un stade précoce, généralement en ensilage, et ensuite de parcelles récoltées en foin.

Il est classique d'observer que les surfaces offertes par vache sont multipliées par environ 1,5 à partir de la mi-juillet et par plus de 2 à l'automne. Dans ces conditions, la complémentation est effectuée au seuil de 20 kg de lait au printemps et 15 kg à partir du mois d'août.

Ce schéma de pâturage permet généralement aux animaux de compenser les effets de la période hivernale et assure la majorité des réserves de fourrage. Dans les conditions spécifiques de demi-montagne, l'augmentation du chargement combinée à la réduction de la complémentation qui améliore habituellement les performances des surfaces fourragères, pourrait cependant, réduire les possibilités de compensation des animaux. Par rapport à ce schéma type, il paraissait alors nécessaire de déterminer les niveaux de chargement et de complémentation optima au pâturage, en fonction des performances par vache et par hectare. Ceci nous a conduit à comparer 2 niveaux de chargement en interaction avec 2 niveaux de complémentation.

Conditions expérimentales

Au Domaine INRA de Marcenat (Cantal), à 1050 m d'altitude, nous utilisons depuis une dizaine d'années un système de pâturage en rotation avec 10 parcelles au printemps et 15 à l'automne. Pour l'ensemble de la saison, la fertilisation azotée est de 80 unités à l'hectare de surface exclusivement pâturée, dite « surface de base », et de 120 unités sur les surfaces fauchées puis pâturées dites « surfaces additionnelles ». L'ensemble de la surface d'une parcelle donnée est attribuée en une seule fois aux animaux pour une durée de 2 à 5 jours. L'âge des repousses est de 3 semaines au printemps et 6 semaines à l'automne. Le schéma indicatif de pâturage est le suivant (fig. 1) :

- surface de base toujours pâturée de 35 ares par vache du 10 mai à la mi-juillet environ,
- surface additionnelle de 20 ares par vache issue des repousses de parcelles ensilées, jusqu'en septembre environ soit 55 ares au total par vache,
- surface additionnelle de 25 ares par vache issue des repousses des zones fanées pour la fin de saison.

Schéma expérimental

Par rapport à ce schéma, les 2 niveaux de chargement étudiés se situent de part et d'autre du chargement habituel sur la surface de base, de manière à créer un écart de 30 p.100 entre les 2 niveaux, faible (f) et Fort (F). Seules les parcelles fauchées en ensilage ont été utilisées comme surfaces additionnelles, pour faciliter la conduite de l'essai.

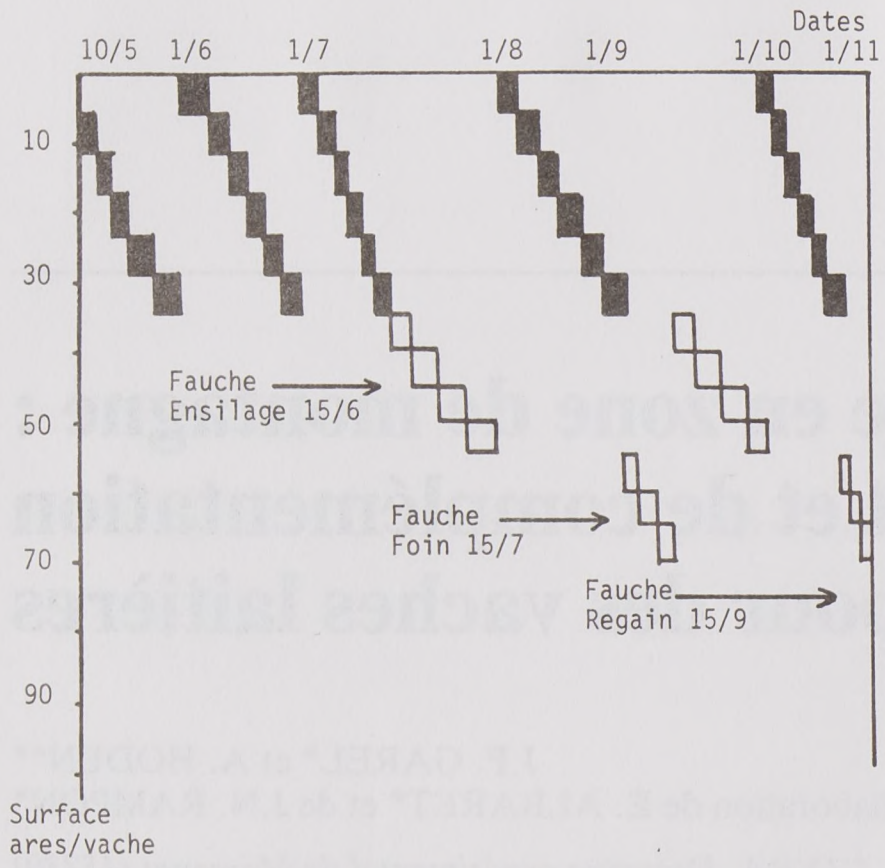


FIG. 1 : *Déroulement habituel du pâturage du troupeau laitier*

Le niveau de complémentation Bas (b) correspond aux propositions classiquement appliquées (HODEN *et al.*, 1975), soit un apport d'aliment concentré au-dessus de 20 kg de lait au printemps, pour atteindre progressivement le seuil de 15 kg de lait en automne. Pour le Haut niveau (H) d'apport, l'aliment concentré a été distribué à partir de 15 kg de lait au printemps et de 10 kg à l'automne, soit un apport théorique de 2 kg d'aliment concentré supplémentaire par rapport au niveau b.

Système de pâturage

L'essai mis en place en 1981 a été répété au cours des 2 années suivantes, selon les modalités du tableau 1.

La surface totale pâturée allouée au troupeau était en moyenne de 55 ares / vache en chargement faible (f) et 42 ares en chargement Fort (F). Au printemps, sur la surface de base, les chargements atteignaient 2,7 et 3,5 vaches / ha pour les niveaux faible (f) et Fort (F) respectivement, soit 1,8 et 2,4 vaches / ha en moyenne sur l'ensemble de la saison de pâturage.

Les surfaces attribuées à chaque lot étant identiques, les différences de chargement ont été créées par des effectifs inégaux (24 vaches en f et 31 en F). La vitesse de rotation a été strictement identique pour les 2 troupeaux, réglée par le troupeau en chargement faible qui était considéré comme lot témoin.

Au cours des 2 premières années, la vitesse de rotation a été insuffisante pour maîtriser l'épiaison sur la surface de base. Au cours de la 3ème année, nous avons cherché à accélérer le rythme d'exploitation en réduisant la proportion de la surface de base, tout en conservant la même surface totale par vache (augmentation de la proportion de la surface additionnelle de 31 p.100 (années 1 et 2) à 44 p.100 (année 3)).

La distribution d'aliment concentré[1] (0,92 UFL et 110 g de PDI / kg brut) a été prédéterminée en fonction, de la production individuelle observée en début de pâturage durant une préexpérience (2 premières semaines après la mise à l'herbe), diminuée de 2 p.100 par semaine pour les vaches adultes et de 1,5 p.100 pour les vaches primipares. Les niveaux de complémentation précédemment indiqués ont été ensuite appliqués selon l'appartenance de chacune des vaches aux traitements b ou H.

(1) Composition (p.100) : céréales 40, pulpes de betteraves 30, tourteau de soja 22, mélasse 5, minéraux 3.

TABLEAU 1

Caractéristiques des essais

ANNEES		1981		1982		1983	
Surface de base (ha)		8,8				8,8	
Surface additionnelle (ha)		← 4,0 →				7,0	
Surface du système (ha)		12,8				15,8	
Niveaux de chargement (1)		f	F	f	F	f	F
Surface de base	ares/vache	37	28	37	28	31	24
Surface additionnelle	ares/vache	17	13	17	13	25	20
Surface totale pâturée	ares/vache	54	41	54	41	56	44
Effectif au printemps		24	31	24	31	28	36

(1) f = faible, F = Fort

Constitution des lots expérimentaux

Le troupeau expérimental de Marcenat est composé d'environ 100 vaches laitières (50 Montbéliardes -MO et 50 de type Pie-noir -FF-), d'un niveau de production de 4500 kg de lait par an. Pour des raisons expérimentales, les vêlages ont lieu d'octobre à avril et surtout en début d'hiver : 60 p.100 avant le 1er janvier (COULON *et al.*, 1985).

Au cours de la période hivernale précédente, d'une durée de 6 mois, les vaches avaient reçu des rations à base de foin et d'ensilage d'herbe. Seules les vaches qui produisaient plus de 20 kg de lait en fin d'hiver ont été introduites dans cet essai, pour des mois de vêlages variant de décembre à avril. Les lots expérimentaux comportaient au total, selon les années, de 44 à 48 vaches adultes, en majorité des Montbéliardes (3 / 4 MO et 1 / 4 FF). Les animaux ont été soumis au même traitement au cours des années successives ; de nouvelles vaches (30 p.100 environ) ont été introduites pour maintenir les effectifs.

La mise à l'herbe a eu lieu autour du 10 mai. Au cours de la transition, les animaux ont déprimé les parcelles expérimentales de base de façon comparable ; le niveau de complémentation se situait alors au-dessus de 17 kg de lait.

Cette période de mise à l'herbe, d'une durée de 2 semaines, a été utilisée comme pré-expérience. La mise en lots a été faite selon les critères habituels : production laitière, stade de lactation, composition du lait, poids vif, race. Nous avons tenu compte du stade de gestation pour les vaches ayant vêlé tôt en saison. Ces essais ont porté sur un effectif total de 140 animaux produisant en moyenne 23 kg de lait à un stade de lactation de 108 jours à la mise en lots (tabl. 5).

Mesures effectuées-Modes de calcul des résultats

Les mesures zootechniques habituelles suivantes ont été réalisées individuellement : pesée journalière des quantités de lait, taux butyreux et protéique 2 fois par semaine, pesée des animaux 2 fois par mois.

Par ailleurs, pour caractériser la pression de pâturage, la quantité d'herbe présente a été mesurée au début et à la fin de chaque parcelle sur 4 zones prédéterminées, selon la méthode proposée par JEANNIN et DE MONTARD (1971). La surface prélevée à la tondeuse à moutons représentait une bande de 8cm × 10m (0,8 m²) avant l'entrée des animaux et de 8cm × 20m (1,6 m²) à la sortie. Les prélèvements d'herbe ont été regroupés par cycle de végétation et par traitement pour analyse chimique.

Le potentiel de production fourragère de la surface de base a été estimé par des prélèvements d'herbe sous des cages, selon un rythme d'exploitation en fauche : fin juin, mi-août, mi-octobre.

L'interprétation des résultats zootechniques annuels a été effectuée par analyse de variance-covariance, les covariables utilisées étant les valeurs observées en préexpérience. Par ailleurs, nous avons regroupé l'ensemble des données des 3 années (n=140) afin de dégager l'influence propre de chacun des facteurs étudiés et les interactions éventuelles entre eux. Pour ce faire, en plus des traitements expérimentaux, nous avons tenu compte du stade de lactation, de la race, du niveau de production et du stade de gestation. Les bilans de pâturage ont été calculés selon la méthode proposée par HODEN *et al.* (1986).

Résultats

1. Production fourragère du pâturage

Selon les années, le potentiel de production fourragère a varié de 7 à 10 t MS / ha en raison essentiellement des conditions climatiques d'été ; la qualité de l'herbe a été influencée par le chargement.

a) Déroulement du pâturage

Les 3 années successives pendant lesquelles s'est déroulé l'essai, correspondent à 3 types de climat (LOUYOT, 1978), que l'on peut qualifier de moyen (1981) favorable (1982) et défavorable (1983) (fig. 2).

D'une manière générale, la croissance de l'herbe mesurée dans un essai particulier (DE MONTARD, 1981), met en évidence une pousse de printemps forte, essentiellement en juin, mais souvent irrégulière. La production de printemps a représenté selon les années, de 50 à 65 p.100 du total annuel. Par contre, les repousses d'été sont beaucoup plus aléatoires et parfois nulles (1983) (fig. 3).

La productivité du pâturage mesurée sous des cages (tabl. 2) reflète ces écarts de croissance : 5 tonnes de MS / ha au 1er cycle, 3 à 5 t aux cycles suivant les années. Le potentiel de production est comparable pour les 2 niveaux de chargement malgré les variations annuelles (7 à 10 t MS).

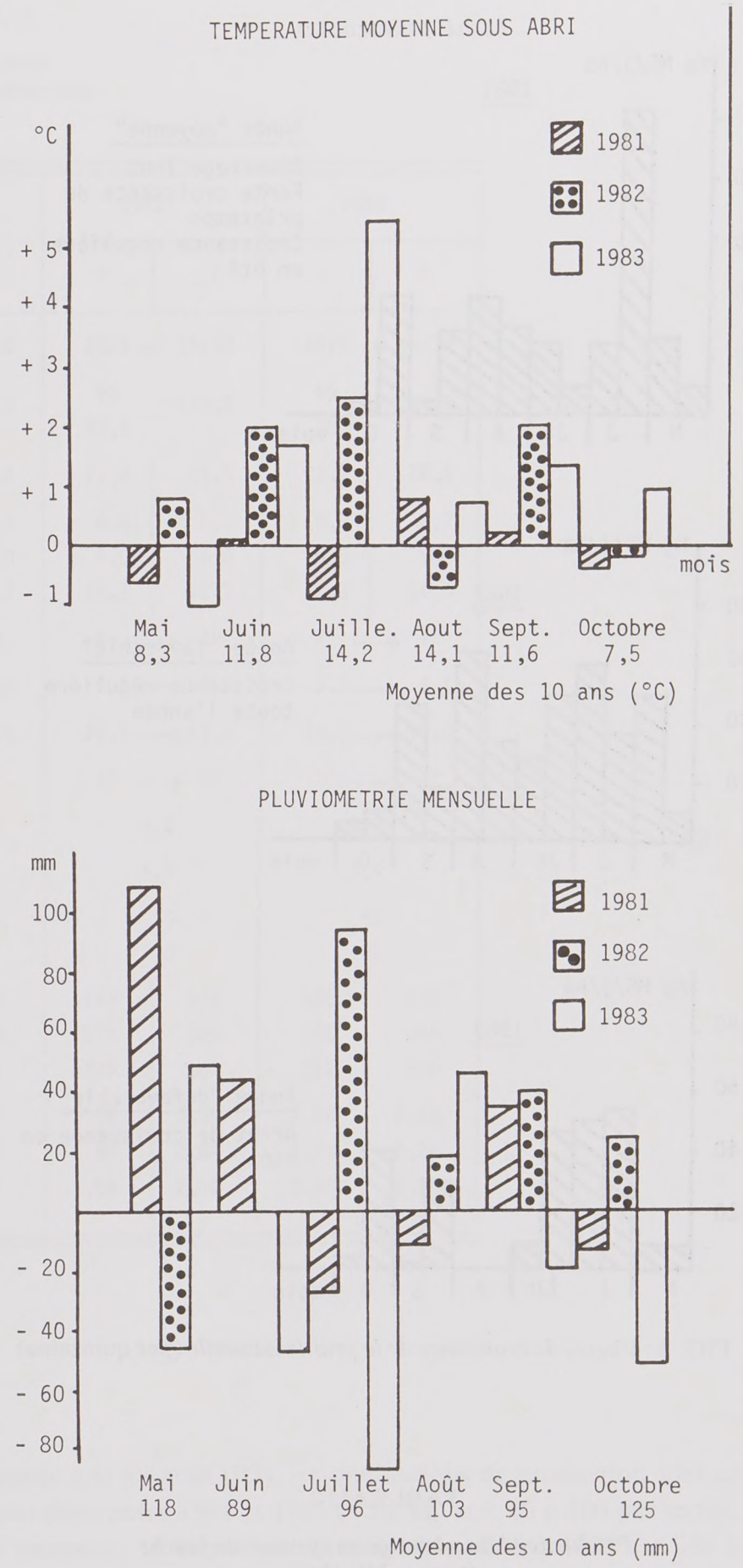


FIG. 2 : *Conditions climatiques. Ecarts par rapport à la moyenne des 10 années précédentes*

Le déroulement du pâturage a été influencé par les variations annuelles de production fourragère (tabl. 3). Ainsi, la vitesse de rotation au printemps a été rapide en 1981 et 1983, lente en 1982. Sur la surface de base, la durée des premiers passages n'excède pas 25 jours en 1981 et 1983, pour atteindre 30 jours en 1982. Malgré une vitesse de rotation rapide, les animaux n'ont généralement pas pu maîtriser l'ensemble des épis. Au cours de l'été, le temps de repousse s'allonge pour atteindre 40 à 50 jours selon les années. En raison de la sécheresse estivale, le pâturage a été interrompu, à temps partiel, pendant 1 mois en 1983, nécessitant un apport complémentaire de fourrages secs. A l'automne, par suite de la réduction des effectifs (une partie des vaches étant taries), le temps de séjour s'allonge et l'âge des repousses devient très variable selon les années (20 jours en 1981, 50 jours en 1982).

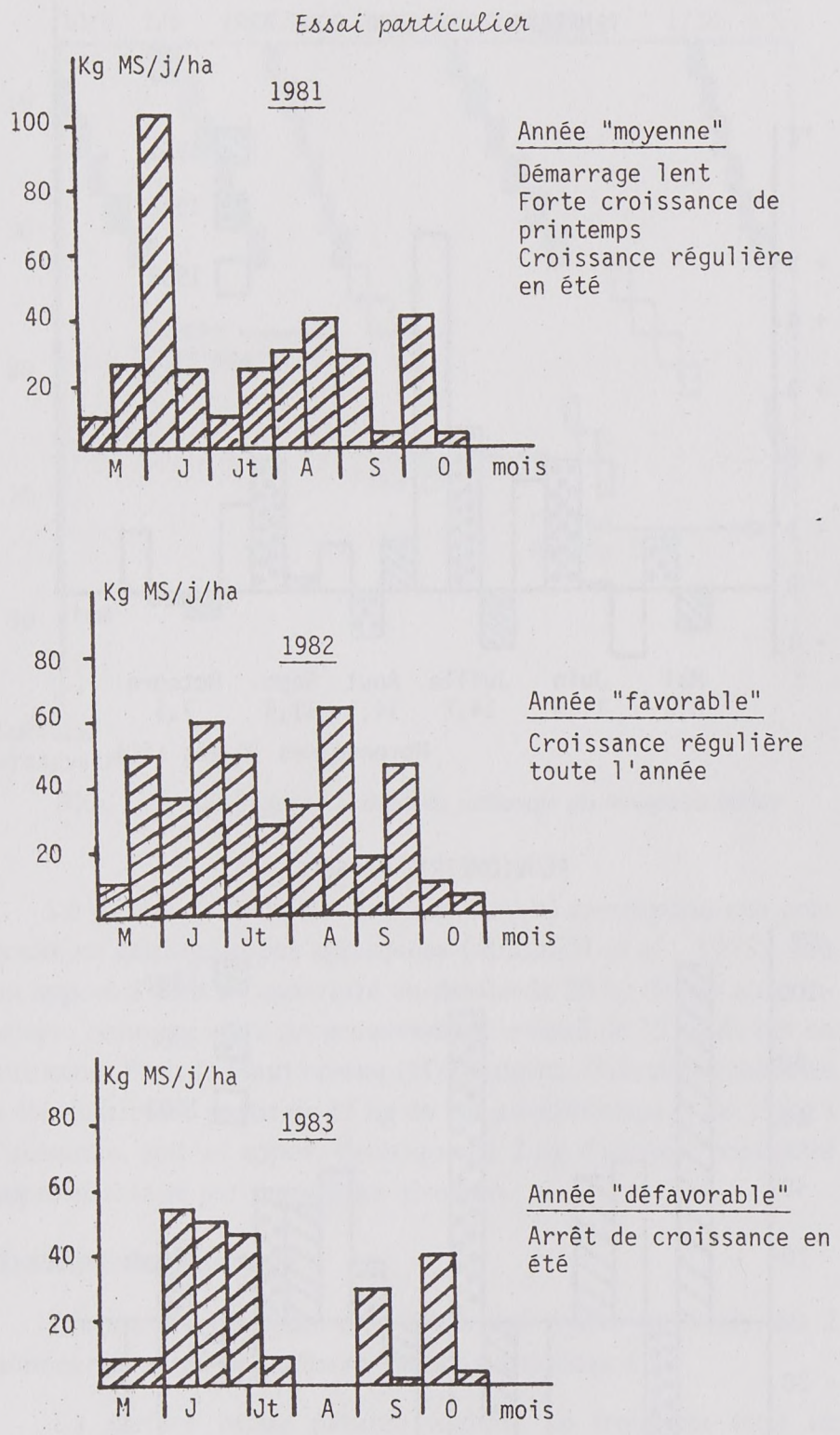


FIG. 3 : *Vitesse de croissance de la prairie naturelle* (par quinzaine)

TABLEAU 2

Productivité du pâturage en système de fauche
(tonnes MS / ha)

Niveaux de chargement		1er cycle	Repousses	Année
1981	f	5,9	4,2	10,1
	F	5,2	4,4	9,6
1982	f	4,8	4,5	9,3
	F	5,2	5,1	10,3
1983	f	5,4	2,7	8,1
	F	4,2	3,0	7,2
Moyenne 3 années	f	5,4	3,8	9,2
	F	4,9	4,2	9,1

Pour une durée expérimentale de 140 jours (du 28 mai au 15 octobre), le nombre de cycles varie de 4 à 5 selon les années en fonction de la vitesse de rotation au printemps.

b) Quantité et qualité de l'herbe offerte

Sur la surface de base, la quantité d'herbe présente à chaque entrée des animaux atteint toujours au moins 1 t MS / ha (soit une hauteur d'herbe de 8 à 10 cm). En année favorable, la quantité présente en début de parcelle est plus élevée : 1,5 à 2 t MS (hauteur supérieure à 15 cm). Sur la surface additionnelle après une fauche ou un pâturage, les quantités présentes à l'entrée des animaux sont comprises entre 1,5 et 2 t de MS / ha (tabl. 4 - fig. 4).

A la sortie des animaux, les quantités refusées varient selon l'année et la saison. Ces refus sont généralement plus faibles au début du pâturage, et sur les surfaces additionnelles (700 à 800 kg MS / ha soit une hauteur d'environ 6 à 7 cm) ; après plusieurs passages, on cumule les refus des cycles précédents pour atteindre 1 t à 1,2 t MS / ha en 1982 (fig. 4).

L'évolution de la qualité de l'herbe est traduite par l'évolution de son taux de matière azotée totale (MAT). Au printemps, la baisse de ce taux est d'autant plus forte que la pousse de l'herbe est plus rapide : le taux de MAT des refus n'atteint plus que 13 à 14 p.100 à la fin du mois de juin. En juillet et août, sur les repousses de prairie fauchée, le taux azoté remonte fortement (18 à 20 p.100). A partir du mois de septembre, il décroit jusqu'à 16 p.100 en 1981 et 1982. La forte hausse du taux de MAT en 1983 reflète une pousse très rapide, en septembre, après la sécheresse (fig. 5). En outre, la plus forte teneur en MAT sur l'ensemble de la saison, pour cette même année, peut être reliée à la vitesse de rotation plus rapide.

c) Effet du niveau de chargement

Chaque animal a disposé, en moyenne, de 22 et 17 kg de MS / j en chargement faible et Fort respectivement, soit un écart de 28 p.100 (tabl. 4). Pour des quantités d'herbe présente / ha comparables pour les 2 chargements, les quantités refusées sont plus importantes en chargement faible (900 kg MS / ha) qu'en chargement Fort (750 kg de MS / ha). Les refus sont relativement constants en chargement Fort, alors qu'ils augmentent au cours de la saison en chargement faible (fig. 4). Ainsi, les animaux du chargement Fort exploitent une plus grande partie de l'herbe offerte : 10 p.100 en plus sur la surface de base et 15 p.100 en plus sur la surface additionnelle (tabl. 4). Ceci se traduit par une amélioration de la qualité de l'herbe lorsque la pression de pâturage augmente. Les taux moyens de MAT et de cellulose brute ont été respectivement de 19,6 et 23,5 p.100 en chargement Fort, contre 18,7 et 24,1 en chargement faible. Mais cette amélioration n'est sensible qu'en fin de pâturage (fig. 5).

2. Performances individuelles des vaches laitières

La production laitière individuelle a été moins influencée par le chargement que par la complémentation qui a surtout été efficace chez les vaches les plus fortes productrices conduites à faible niveau de chargement.

TABLEAU 3

Bilan du pâturage
- caractéristiques générales -

Années		1981		1982		1983	
Niveaux de chargement		f	F	f	F	f	F
Dates		27/5 au 17/10		28/5 au 15/10		27/5 au 15/10	
Durée de pâturage (j)	S.B	107	143,5	96	139,5	69	107,0
	S.A	36,5		43,5		38	
Effectif	S.T	22,1	28,4	21,0	27,5	22,1	28,5
Surface pâturée (ha)	S.B	8,8	8,7	8,8	8,7	8,8	8,7
	S.A	4,0	4,0	4,0	4,0	5,8	5,8
	S.T	12,8	12,7	12,8	12,7	14,6	14,5
Nombre de parcelles		6 → 10		6 → 10		6 → 12	
Temps de séjour/parcelle (j)		3,0 → 3,6		4,9 → 4,3		3,2 → 4,1	
Durée d'un cycle (j)		23,5 → 29,5		29,5 → 43,5		19,5 → 49,5	
Temps de repos de l'herbe (j)		18 → 36		19 → 40		18 → 42	
Surface fauchée (ha)	S.A	4,0		4,0		5,8	
Herbe récoltée-t MS/ha fauché		3,4		4,9		3,4	
Fumure azoté kg N/ha	S.B	80		80		80	
	S.A	120		120		120	
Nombre de journées pâturage/ha	S.B	273	355	244	321	185	239
	S.T.P	309	399	277	365	190	244
	S.T.S	248	321	229	302	162	210
Chargement animaux/ha (14/2)	S.B	2,55	3,32	2,54	3,34	2,68	3,46
	S.T.P	2,15	2,78	1,98	2,62	1,78	2,28
	S.T.S	1,73	2,24	1,64	2,16	1,51	1,97

S.B = Surface de base
S.A = Surface additionnelle
S.T = Surface totale
S.T.P = Surface totale pâturée
S.T.S = Surface totale système

a) Production laitière

Résultats généraux - Influence de l'année

En moyenne, pour un niveau de production de 23 kg de lait à la mise en lots, la production au cours des 140 jours de pâturage a été de 17,8 kg (17,2 kg de lait 4 p.100) avec un apport de 1,5 kg de concentré par jour.

L'évolution de la production laitière est d'abord influencée par l'année (tabl. 5). Nous avons divisé la saison de pâturage en 4 périodes correspondant aux périodes (P) de végétation suivantes :

P1 - 25/5 - 15/6 montaison } surface
P2 - 15/6 - 15/7 épiaison } de base
P3 - 15/7 - 1/9 repousses feuillues après fauche ou pâture
P4 - 1/9 - 15/10 repousses d'automne

La baisse de production a été la plus forte au cours de l'année 1982, pourtant favorable à la pousse de l'herbe (-6,2 kg de la P1 à la P3, soit 12 p.100 par mois), en raison de la vitesse de rotation très lente, réduisant la qualité de l'herbe. Par contre, jusqu'à la mi-août (P3), les diminutions de production sont comparables entre 1981 et 1983 (- 5,2 kg, soit 10 p.100 par mois). A l'automne, la bonne persistance observée en 1983 est liée à la croissance rapide de l'herbe après la sécheresse d'été (tabl. 5).

Effets des traitements expérimentaux

Les valeurs ajustées à partir des performances individuelles observées en préexpérience mettent en évidence une différence moyenne de 0,8 kg de lait ($P < 0,01$) en faveur du chargement faible (fH + fb) par rapport au chargement Fort (FH + Fb) pour l'ensemble de la saison. De même, le niveau de complémentation Haut (fH + FH) a permis une production supérieure de 1,2 kg de lait ($P < 0,01$), soit une efficacité marginale d'environ 0,7 kg de lait par kg de concentré supplémentaire (tabl. 6).

Le lot conduit en chargement faible et fortement complémenté (fH) a produit le plus de lait (18,8 kg), alors que celui en chargement Fort avec peu de concentré (Fb) a eu les plus faibles performances (16,8 kg) ($P < 0,01$). Les lots intermédiaires (fb et FH) ont produit des quantités de lait comparables (17,4 et 17,7 kg) (tabl. 7).

TABLEAU 4

Quantités d'herbe offerte aux animaux (moyenne des 3 années)
(tonnes MS / ha)

Niveaux de chargement	f	F
Surface de base - printemps (3 premiers cycles)		
(1) "Offert"	1,46	1,53
(2) "Refus"	0,80	0,72
Surface de base - été - automne		
(1) "Offert"	1,89	1,79
(2) "Refus"	1,15	0,97
Surface additionnelle		
(1) "Offert"	1,67	1,67
(2) "Refus"	0,71	0,55
Matière sèche offerte/animal/jour (kg)		
Surface de base - Printemps	20,9	16,8
Surface de base - Eté - automne	26,2	19,0
Surface additionnelle (Eté - automne)	20,1	15,5
Ensemble du pâturage	22,1	17,2

(1) "Offert" = MS présente à l'entrée des animaux
(2) "Refus" = MS présente à la sortie des animaux

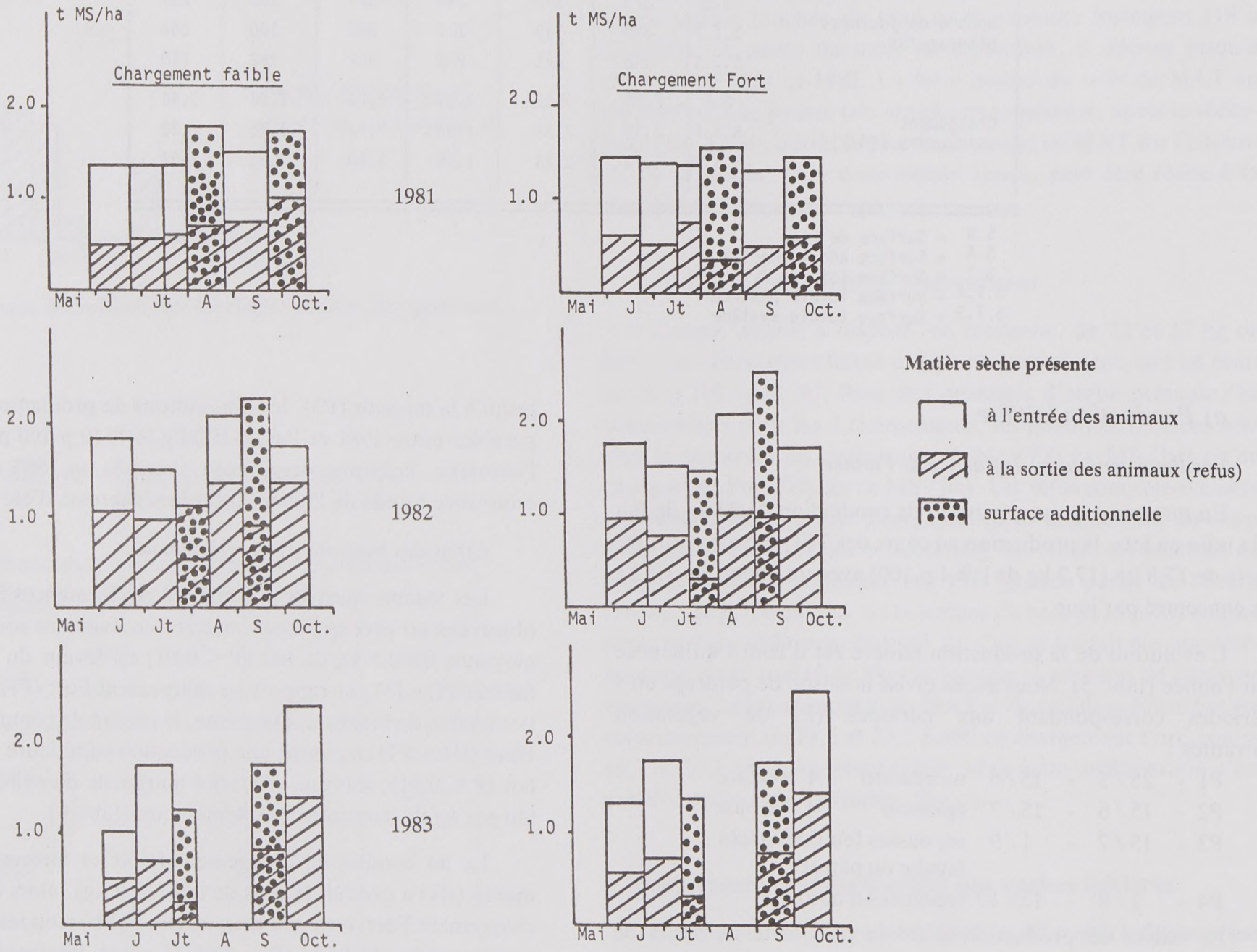


FIG. 4 : *Quantités d'herbe présente à l'entrée et à la sortie des animaux* (par cycle)

TABLEAU 5

Résultats individuels moyens de la production laitière selon les années
- valeurs observées (kg lait / j) -

ANNEES	1981	1982	1983
MISE EN LOTS			
Effectif (n)	4 x 12	4 x 12	4 x 11
Stade de lactation (j)	112 ± 37	105 ± 48	101 ± 47
Lait (kg)	21,9 ± 4,0	23,6 ± 3,6	23,3 ± 3,6
Poids vif (kg)	525 ± 41	542 ± 42	545 ± 40
PERIODE EXPERIMENTALE			
Lait (kg)			
P I (25/5 au 15/6)	21,7 ± 3,9	22,2 ± 3,4	22,5 ± 3,7
P II (15/6 au 15/7)	19,1 ± 3,6	17,9 ± 3,0	20,2 ± 3,5
P III(15/7 au 1/9)	16,5 ± 3,8	16,1 ± 3,5	17,2 ± 3,7
P IV (1/9 au 15/10) (n)	15,5 ± 3,2 (24)	15,2 ± 4,1 (21)	17,3 ± 3,9 (26)
Moyenne	17,5 ± 3,0	17,3 ± 2,9	18,7 ± 3,5
Concentré (kg/j)			
Moyenne	1,3	1,7	1,5
Gain de poids vif (kg)			
Début été (25/5 au 30/7)	21 ± 14	19 ± 15	34 ± 14
Fin été (30/7 au 15/10) (n)	28 ± 17 (24)	41 ± 21 (21)	46 ± 15 (26)
Pâturage (n)	45 ± 23 (24)	51 ± 22 (21)	73 ± 18 (26)

TABLEAU 6

Influence des traitements principaux sur les performances individuelles
- moyennes ajustées par analyse de covariance -

Traitements	Chargement		Complémentation(1)	
Niveaux	f	F	b	H
Lait (Kg/j)	18,1	17,3	17,1	18,3
Concentré (kg/j)	1,55	1,45	0,65	2,35

(1) b = bas, H = Haut

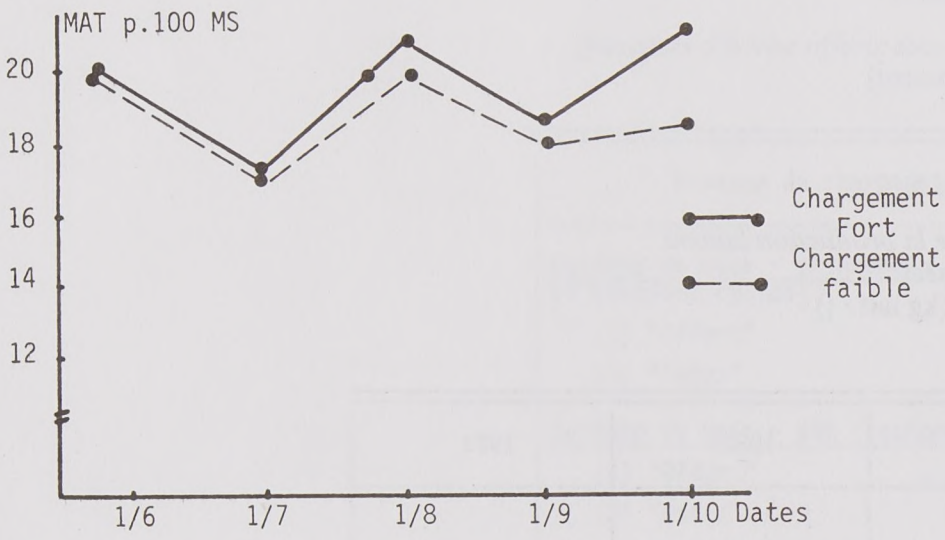


FIG. 5 : *Composition chimique de l'herbe offerte : effet du niveau de chargement et de l'année*

L'interaction entre le chargement et l'apport de concentré est faible et non significatif. L'effet du niveau de complémentation est cependant plus marqué lorsque le chargement est faible. Dans ce dernier cas, l'efficacité du concentré atteint 0,8 kg, contre 0,5 kg de lait / kg de concentré en chargement Fort.

Nous avons cependant observé une influence importante de la date de vêlage, qui est, en fait, très liée au niveau de production en début d'essai (tabl. 8). Les vaches qui produisaient le plus de lait à la mise à l'herbe, 24,8 kg à un stade de lactation moyen de 70 jours, sont les plus sensibles aux traitements expérimentaux ; les niveaux de chargement et de complémentation ont eu un effet comparable : 1,2 et 1,3 kg de lait respectivement, sur l'ensemble de la saison ($P < 0,01$). L'efficacité de la complémentation a surtout été importante pour les animaux ayant été conduits à chargement faible (+ 2,2 kg de lait). Par contre, les vaches qui ont vêlé en début d'hiver, et qui produisaient 20,6 kg de lait en préexpérience, n'ont pas réagi à l'augmentation de chargement (NS). Pour ces animaux, la réduction des apports de concentré a diminué leur production de 1 kg de lait ($P < 0,01$), essentiellement dans le lot Fb (1,5 kg).

Au cours de la saison de pâturage, l'influence des traitements s'accentue du printemps jusqu'à l'automne. Pour les vaches à faible niveau de production, l'effet de la complémentation n'apparaît qu'à partir de la P2 et s'accentue en P3. Quant aux vaches fortes productrices, l'effet du chargement passe de 0,8 à 1,5 kg de lait de la P1 à la P4. L'interaction entre le chargement et la complémentation, peu importante en première partie du pâturage, apparaît de façon plus marquée en deuxième partie. A cette dernière période, la réaction des animaux aux traitements expérimentaux est différente selon le niveau de production. Pour les vaches faibles productrices, l'efficacité de la complémentation est la plus élevée en chargement Fort. A l'inverse, pour les vaches à plus haut niveau de production, la complémentation est la plus efficace en chargement faible (tabl. 8).

Variations journalières de la production

D'une manière générale, la production laitière a évolué de façon « cyclique » par rapport aux changements de parcelle, surtout dans le cas du chargement Fort. Pour un temps de séjour de 3 jours par parcelle, l'augmentation du niveau de chargement accentue la baisse de production dès le 2ème jour après l'entrée dans la parcelle (fig. 6). En fin de parcelle, la baisse de production peut atteindre de 1,5 à 2,0 kg de lait, et cela, même lorsque les quantités d'herbe présentes sont encore importantes comme en 1982 (0,7 à 1 tonne de MS / ha de refus). La remontée de production en début de parcelle suivante est généralement plus faible en chargement Fort, de sorte que ce phénomène s'accentue en cours de saison, en écartant progressivement les courbes de production.

L'effet du niveau de complémentation est similaire à celui du chargement mais d'autant plus marqué que le rythme d'exploitation de l'herbe est plus rapide : l'écart de production est plus important en 1981 et 1983 qu'en 1982.

Les réactions individuelles des vaches en début et en fin de parcelles sont très variables, mais n'ont pas pu être reliées à leur niveau de production.

b) Composition du lait

Les taux butyreux et protéique du lait ont été en moyenne de 37,8 et 31,4 g p.1000 respectivement pour l'ensemble de la saison (tabl. 7).

Les niveaux de chargement et de concentré n'ont pas influencé de façon sensible la composition du lait. Le taux butyreux qui atteignait 36,6 g p.1000 après la mise à l'herbe a légèrement baissé en début d'essai puis est remonté régulièrement jusqu'à la fin du pâturage, pour atteindre 40 g p.1000. Le taux protéique a augmenté de façon régulière de 30 g p.1000 à 33 g p.1000. Ces phénomènes classiques sont à relier à l'action cumulée du stade de lactation et de la saison (REMOND, 1984 ; JOURNET, 1984).

TABLEAU 7

Performances des vaches laitières au pâturage (3 années-n = 140)
- valeurs ajustées par analyse de covariance -

Traitements		f.H	f.b	F.H	F.b
MISE EN LOTS					
Stade de lactation (j)			108 ± 51		
Lait - Kg			22,9 ± 3,8		
Taux butyreux g p.1000			36,6 ± 3,8		
Taux protéique g p.1000			30,2 ± 2,2		
Poids vif (25/5) (kg)			536 ± 42		
Concentré (kg)			3,4 ± 2,8		
PERIODE EXPERIMENTALE					
Concentré - kg	P_1	2,7	1,1	2,6	1,1
	P_2	2,4	0,7	2,4	0,7
	P_3	2,1	0,5	2,0	0,4
	moyenne	2,4	0,7	2,3	0,6
Lait - kg	P_1	22,8	21,9	21,9	21,7
	P_2	20,1	18,7	19,0	18,2
	P_3	17,4	16,4	16,8	15,5
	moyenne	18,8	17,4	17,7	16,8
Taux butyreux g p.1000	P_1	35,3	35,8	35,6	35,2
	P_2	36,7	36,5	36,0	36,4
	P_3	39,5	39,3	38,2	38,3
	moyenne	37,8	38,4	37,4	37,9
Taux protéique g p.1000	P_1	31,5	31,2	31,3	31,1
	P_2	31,0	30,8	30,5	30,0
	P_3	31,3	31,0	30,7	30,5
	moyenne	31,7	31,5	31,3	31,0
Efficacité moyenne du concentré kg lait en plus par kg concentré supplémentaire			0,82		0,53

TABLEAU 8

Influence des traitements expérimentaux selon le stade de lactation à la mise à l'herbe
(valeurs ajustées par analyse de covariance)

	f H	f b	F H	F b
VELAGE EN DEBUT D'HIVER n = 70				
Mise en lots				
Lait (kg)		20,6		
Stade de lactation (j)		150		
Poids vif (25/5) (kg)		518		
Période expérimentale				
Aliment concentré (kg)	1,6	0,1	1,5	0,2
Lait (kg)	16,7	16,1	16,7	15,2
Gain de poids vif (kg) début été (20/5 au 30/7)	39	28	33	32
VELAGE EN FIN D'HIVER n = 63				
Mise en lots				
Lait (kg)		24,8		
Stade de lactation (j)		70		
Poids vif (25/5) (kg)		552		
Période expérimentale				
Aliment concentré (kg)	2,8	1,1	2,8	1,1
Lait (kg)	20,7	18,5	18,6	18,1
Gain de poids vif (kg)				
Début été (20/5-30/7)	25	12	17	14
Fin été (1/8-15/10)	43	42	41	32
Pâturage (20/5-15/10)	68	54	58	46

c) Evolution du poids vif

L'évolution du poids vif des vaches a été influencé principalement par le stade de lactation. Les vaches qui ont vêlé en début d'hiver ont une reprise de poids plus forte ($P < 0,01$) en première partie du pâturage (33 kg), sans effet significatif des traitements expérimentaux, que les vaches qui ont vêlé en fin d'hiver (17 kg) (tabl. 8).

Sur l'ensemble du pâturage, le gain de poids des vaches les plus fortes productrices (56 kg en moyenne) a été influencé aussi bien par la complémentation (+ 13 kg pour le niveau haut) que par le chargement (+ 9 kg pour le chargement faible). Pour ces animaux, l'essentiel du gain de poids a eu lieu aux mois d'août et septembre, de façon variable selon les conditions de pâturage à cette époque. En fin d'essai, il existe un écart de 22 kg de poids vif entre les 2 lots extrêmes, fH et Fb (avec des gains de poids individuels inférieurs à 30 kg dans ce dernier lot). Cependant, ces différences de poids vif, créées en période de pâturage, n'ont pas affecté de façon importante le début de la lactation suivante, du fait que les vaches ont en général été bien alimentées durant la période hivernale suivante (tabl. 9).

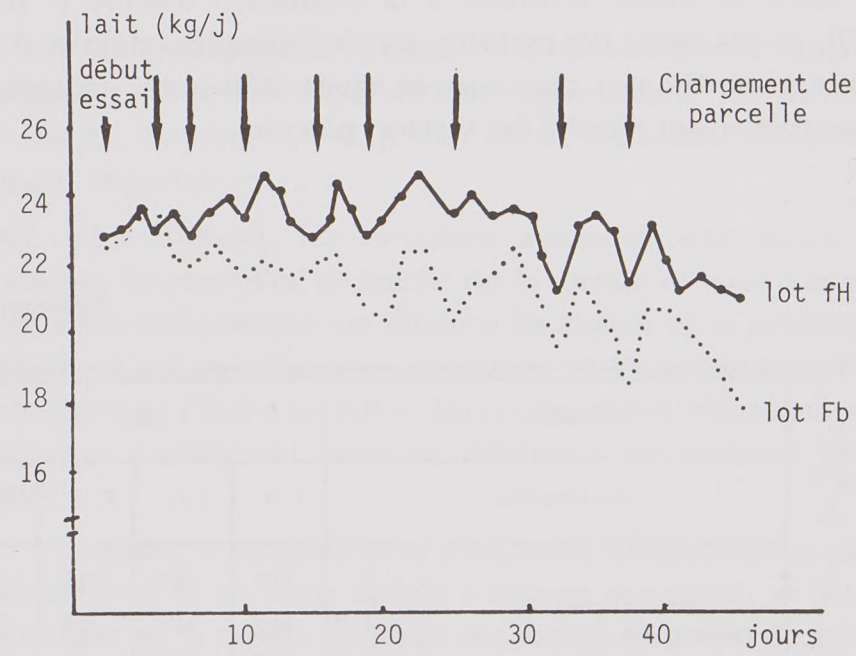


FIG. 6 : *Evolution de la production laitière journalière* (1983)

3. Performances globales

Dans tous les cas, le chargement Fort combiné à un faible niveau de complémentation a permis les meilleures performances à l'hectare d'herbe.

a) Productions

Pour la moyenne des 3 années, la production de lait / ha de

surface de base (90 jours de pâturage) est de 4220 kg en chargement faible (2,55 VL/ha) et de 5440 kg en chargement Fort (+ 23 p.100) pour une augmentation de 30 p.100 du chargement et des apports de concentré de 350 et 450 kg/ha respectivement. Pour les autres types de surfaces (pâturée ou de système), les écarts sont du même ordre de grandeur (tabl. 10).

TABLEAU 9

Effets des traitements sur le début de la lactation suivante
(vêlages de fin d'hiver)
(moyennes observées)

Traitements	f H	f b	F H	F b
Nombre d'animaux	12	12	19	20
ANNEE EXPERIMENTALE				
Production initiale - lait kg	19,6	20,7	21,3	20,3
Production maximum - lait kg	26,9	27,3	27,8	26,5
Poids vif après vêlage (kg)	607	599	604	606
ANNEE SUIVANTE				
Production initiale - lait kg	21,0	20,0	22,0	20,8
Production maximum - lait kg	28,1	26,3	27,9	26,3
Poids vif après vêlage (kg)	630	611	619	624

Si l'on ne considère que l'année moyenne, représentée par l'année 1981, les quantités de lait produites sont de 5030 kg et 6220 kg sur la surface de base pour les chargements f et F respectivement et 4435 et 5410 sur l'ensemble du système, mais avec un apport supplémentaire de concentré d'environ 90 kg/ha pour le chargement Fort (tabl. 10).

Tous traitements confondus, la production laitière par ha est plus faible en année favorable à la production d'herbe (- 10 p.100), lié à la baisse des performances individuelles (maîtrise de l'épiaison insuffisante), mais aussi en année défavorable par suite de l'accroissement excessif des surfaces pâturées.

L'apport d'aliment concentré n'accroît, en revanche, que de 5 à 8 p.100 les performances de production à l'hectare (tabl. 10 et 11).

b) Lait valorisé à partir de l'herbe

Les quantités de lait par hectare, valorisées à partir de l'herbe en plus de l'entretien, déduction faite des apports d'aliment concentré (1 kg de lait/0,43 UFL de concentré), sont en moyenne de 20 p.100 plus élevées avec le chargement Fort par rapport au faible, quel que soit le type de surface envisagé. De même, selon le niveau de complémentation, les lots recevant peu de concentré (b) ont une production supérieure de 15 p.100 environ à ceux des lots fortement complémentés (H) (tabl. 10 et 11).

La comparaison des lots extrêmes (Fb et fH) fait apparaître, en année moyenne, une augmentation de 40 p.100 de la quantité de lait valorisée par ha entre ces 2 lots, grâce à l'accroissement du chargement et à la réduction de la complémentation à un niveau normal. Les 2 lots intermédiaires sont assez proches et correspondent pratiquement à la moyenne des productions permises par les lots extrêmes (4800 kg/ha).

Si l'on intègre au niveau du système fourrager, les réserves hivernales constituées à partir de la surface additionnelle, les quantités de lait par ha valorisables à partir de la production fourragère, sont supérieures d'environ 15 p.100 en faveur du chargement Fort (+ 700 à 800 kg de lait selon les années). Le niveau de complémentation faible (b) permet quant à lui des quantités de lait valorisables/ha d'environ 10 p.100 supérieures à celles du niveau de complémentation élevé (H) (+540 kg de lait environ) (tabl. 10 et 11).

c) Surface nécessaire par vache

En fin de saison de pâturage, la surface nécessaire par vache est, en année moyenne (1981), de 58 et 45 ares, respectivement pour les chargements faible et Fort (tabl. 12). Mais simultanément, sur une partie de cette surface (19 et 15 ares de surface additionnelle soit 33 p.100 du total), des fourrages (ensilage + foin) ont été récoltés en cours de saison afin de constituer des

TABLEAU 10

Performances globales

Années		1981				1982				1983			
Traitements		f.H	f.b	F.H	F.b	f.H	f.b	F.H	F.b	f.H	f.b	F.H	F.b
Aliment concentré kg brut/ha	S.B	585	167	716	225	550	179	748	221	461	137	608	183
	S.T.P	657	181	798	249	625	200	843	241	476	141	619	186
	S.T.S	529	146	641	201	517	166	696	198	407	121	533	161
Production lait kg/ha	S.B	5218	4849	6340	6098	4432	4264	5571	5189	4019	3721	4791	4654
	S.T.P	5724	5299	6899	6572	4941	4691	6108	5730	4136	3807	4856	4732
	S.T.S	4607	4264	5540	5277	4091	3885	5049	4738	3541	3260	4186	4079
Kg lait 4% valorisés/ha à partir de l'herbe	S.B	4018	4716	4874	5637	3516	3898	4039	4737	3076	3441	3546	4279
	S.T.P	4379	4928	5265	6060	3604	4281	4381	5237	3160	3518	3588	4351
	S.T.S	3526	3965	4228	4865	3030	3544	3625	4332	2709	3014	3095	3749
Kg lait 4% valorisable/ha du système (réserves hivernales comprises)		4909	5348	5623	6260	5034	5548	5648	6355	4467	4772	4867	5521

stocks hivernaux. Compte tenu des rendements obtenus, ces surfaces excédentaires ne peuvent assurer qu'environ 25 et 20 p.100 des fourrages nécessaires durant la période hivernale (2,4 tonnes de MS / vache), pour les chargements faible et Fort respectivement. Il est alors nécessaire d'avoir recours à 30 et 32 ares de surface uniquement fauchables du domaine (rendement valorisable d'environ 6 t MS / ha), afin de disposer de réserves hivernales suffisantes. Ainsi, l'augmentation de 30 p.100 du chargement durant la seule saison estivale (1,7 VL / ha à 2,2 pendant 140 jours) permet d'améliorer le chargement annuel de 13 p.100 (1,3 contre 1,15 vache / ha) dans les conditions difficiles de Marcenat, en raison de l'importance des réserves hivernales.

TABLEAU 11

Influence des traitements principaux sur les performances globales (par ha du système fourrager)

Traitements	Chargement		Complémentation	
Niveaux	f	F	b	H
Lait - kg	3941	4812	4251	4502
Aliment concentré (kg)	314	405	166	554
Lait valorisé à partir de l'herbe (kg)	3298	3982	3912	3369
Lait valorisable (kg) (réserves hivernales comprises)	5013	5712	5634	5091

TABLEAU 12

Prévision des surfaces nécessaires en année moyenne (ares / vache)

	Chargement faible	Chargement fort
Surface de base	39	30
Surface additionnelle fauchée puis pâturée	19	15
Surface de fauche pour réserves (*)	30	32
Surface totale annuelle	88	77
Chargement VL/ha annuel	1.14	1.30

(*) Surface fauchée en foin et regain (rendement estimé à partir d'essais antérieurs sur prairie naturelle de Marcenat).

Discussion - conclusion

Ces 3 essais réalisés dans des conditions spécifiques des zones de demi-montagne confirment bien les résultats classiquement observés en zone de plaine (revue bibliographique de JOURNET et DEMARQUILLY, 1980).

Au niveau individuel, les performances de production laitière ont été plus influencées par le niveau de complémentation que par le chargement. Pour ce premier facteur, la réponse moyenne a été de 0,7 kg de lait par kg de concentré supplémentaire et a même atteint 0,80 dans le cas du chargement faible. Cette efficacité marginale de la complémentation est en bon accord avec les résultats que nous nous avions observés à Theix et au Pin avec des vaches d'un bon niveau de production (HODEN *et al.*, 1975). Malgré cette bonne valorisation du concentré, celui-ci ne peut généralement pas se justifier dans les conditions économiques actuelles lorsqu'il est possible de disposer d'herbe feuillue apportée à volonté. L'augmentation de 30 p.100 du chargement (+ 0,5 VL / ha) a provoqué une réduction moyenne de la production laitière de 0,8 kg de lait (- 4,4 p.100), ce qui correspond bien aux résultats obtenus par ailleurs (JOURNET et DEMARQUILLY, 1980 ; GLEESON, 1981).

Dans nos conditions expérimentales, avec le chargement fort, l'efficacité du concentré a été plus faible pour les vaches ayant vêlé en fin d'hiver et produisant plus de lait ; les vaches qui recevaient peu d'aliment concentré ont maintenu leur production au détriment de leur gain de poids. De plus, l'augmentation du chargement avait d'abord pour but de réduire les quantités d'herbe offerte (augmentation de la pression de pâturage), sans bénéficier de l'amélioration de la qualité liée à l'accélération de la vitesse de rotation. Quant aux vaches en 2ème partie de lactation, la reprise de poids semble avoir été prépondérante, ce qui peut expliquer la meilleure efficacité du concentré en chargement Fort, à ce stade de lactation.

Au niveau des performances globales, l'accroissement du chargement de 30 p.100 produit une augmentation de la production par ha de 20 à 25 p.100 selon les années et quel que soit le type de surface envisagé. L'apport de concentré supplémentaire n'accroît la production que de 5 à 8 p.100.

Si l'augmentation du chargement et la réduction de l'aliment concentré ont permis d'accroître de façon sensible les quantités de lait par ha pâturé (+ 40 p.100), il faut cependant souligner 3 aspects importants :

- tout d'abord, les variations annuelles sont fortes, en l'absence de possibilité de fauche sur la surface de base. Les performances individuelles ont diminué les années où la production d'herbe a été abondante au printemps. A l'inverse, lorsque la croissance de l'herbe est faible, les performances individuelles au pâturage s'améliorent, mais au détriment des réserves hivernales ;

- ensuite, le maintien de la production laitière avec un chargement Fort et un faible apport d'aliment concentré, se fait au détriment de la reprise de poids des vaches fortes productrices. Pour assurer un bon démarrage de la lactation suivante, la reconstitution de leurs réserves corporelles devra se faire en hiver, alors qu'en zone de demi-montagne, les réserves fourragères sont souvent limitées et que les vaches sont généralement sous-alimentées à cette période ;

- enfin, si l'on considère le bilan annuel, l'augmentation de chargement de 30 p.100 au pâturage permet de réduire la surface nécessaire par vache et par an de 10 à 15 p.100, mais en augmentant la proportion de la surface fauchable de 56 p.100 à 61 p.100, ce qui est souvent le facteur limitant en zone de demi-montagne. De plus, l'essai rapporté ci-dessus n'inclut pas les période de tran-

sition (mise à l'herbe + automne) qui deviennent plus critiques lorsque le niveau d'intensification augmente en raison des variations annuelles importantes de la production d'herbe à ces périodes (JEANNIN *et al.*, 1984).

Pour des performances comparables en production laitière et en gain de poids vif, il apparaît possible soit de réduire l'aliment concentré avec un chargement faible, (2,7 vaches / ha), soit d'augmenter l'aliment concentré avec un niveau de chargement plus élevé (3,5 vaches / ha) sur la surface de base. Mais, avec un faible niveau de chargement, la maîtrise de l'herbe risque d'être le facteur limitant ; on peut alors envisager de réduire le niveau de fertilisation et / ou modifier la méthode de pâturage, au printemps.

Références bibliographiques

COULON J.B., GAREL J.P., HODEN A., JOURNET M., LIENARD G., 1985. Production laitière en zone de montagne : effets pluriannuels du type de ration hivernale et du niveau de complémentation. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **61,** 31-48.

DE MONTARD F., 1981. L'action des facteurs climatiques sur la croissance de l'herbe. Exemple d'une prairie à *Agrostis tenuis* et *Poa pratensis* des Monts d'Auvergne. *Fourrages,* **85,** 39-52.

GLEESON P., 1981. Concentrate supplementation of spring calving cows. *Grass Forage Sci.,* **36,** 138-140.

HODEN A., GAREL J.P., MARQUIS B., MULLER A., JOURNET M., 1975. Complémentation des vaches laitières au pâturage. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **20,** 29-35.

HODEN A., MICOL D., LIENARD G., MULLER A., PEYRAUD J.L., 1986. Interprétation des essais de pâturage avec des bovins. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **63,** à paraître.

JEANNIN B., DE MONTARD F., 1971. Fertilisation et pâturage tournant sur des estives des monts d'Auvergne. *Fourages,* **45,** 49-69.

JEANNIN B., GAREL J.P., BERANGER C., MICOL D., 1984. Utilisation de prairies permanentes et temporaires par un troupeau de vaches allaitantes en zone de demi-montagne humide. *Fourrages,* **98,** 19-39.

JOURNET M., DEMARQUILLY C., 1980. Grazing-In « Feeding strategy for hight yielding cows ». *Eur. Assoc. anim. Prod.,* **25,** 255-321.

JOURNET M., 1984. Influence de la saison sur les taux butyreux et protéique du lait. Colloque INRA-ENSAR-INAPG, Rennes, 26-28 septembre 1984.

LOUYOT J.M., 1978. Résultats non publiés.

REMOND B., 1984. Effets du stade de lactation et de l'âge sur la composition du lait. Colloque INRA-ENSAR-INAPG, Rennes, 26-28 septembre 1984.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 47-52

Influence de l'incorporation de drèches de brasserie ensilées sur les performances des vaches laitières

P.R. PARRASSIN* et R. VERITE**

** INRA-SAD - Domaine expérimental, 88500 Mirecourt*
*** INRA St-Gilles, Station de Recherches sur la Vache laitière, 33590 L'Hermitage*

Par leur richesse en matières azotées totales et la faible dégradabilité de celles-ci dans le rumen, les drèches de brasserie peuvent permettre de rééquilibrer les rations déficitaires en azote et conduire à une économie substantielle de tourteaux.

Les quelques essais de production sur vaches laitières montre, que globalement, l'emploi de drèches a un effet dépressif sur l'ingestion totale de la matière sèche d'autant plus important que le fourrage auquel elles sont associées est ingestible (De BRABANDER *et al.*, 1975 ; VALENTINES *et al.*, 1980 ; MURDOCK *et al.*, 1981 ; MICHALET-DOREAU, 1981 ; PARRASSIN *et al.*, 1982 ; DAVIS *et al.*, 1983).

Cependant, l'intérêt de l'emploi des drèches de brasserie dans la ration des vaches laitières est évident puisqu'il permet soit un accroissement sensible de la production lorsque la quantité de concentré n'est pas réduite (PARRASSIN *et al.*, 1982), soit une économie importante de concentré associé malgré tout à une légère amélioration de la production (De BRABANDER *et al.*, 1975 ; VALENTINES *et al.*, 1980 ; MURDOCK *et al.*, 1981 ; MICHALET-DOREAU, 1981 ; PARRASSIN *et al.*, 1982).

Toutefois ces essais réalisés en différents sites, avec des proportions de drèches variant de 16 à 40 p.100 de la matière sèche totale selon les auteurs, ne permettent pas de dire si l'effet bénéfique sur les performances est proportionnel ou non à la quantité de drèches apportée.

Au cours de 2 essais réalisés durant les hivers 1981-82 et 1982-83, nous avons voulu mesurer cet effet éventuel en comparant deux niveaux de drèches (environ 10 p.100 et 25 p.100 de la ration totale) par rapport à des régimes sans drèches, tout en mettant l'accent sur les possibilités d'économie en aliments concentrés (teneur en MAT et quantités utilisées). Les fourrages associés aux drèches étaient soit de l'ensilage de maïs pour le premier essai, soit de l'ensilage d'herbe dans le deuxième essai.

Conditions expérimentales

Traitements expérimentaux (tabl. 1)

Dans chaque essai, quatre traitements ont été comparés :

. un régime Témoin sans drèches (Drèches 0+),

. 2 régimes à 8 kg de drèches : l'un recevant la même quantité de concentré que le Témoin (Drèches 8+) et l'autre avec une quantité inférieure d'environ 2 kg (Drèches 8-),

. un régime avec 16 kg de drèches (Drèches 16-) avec la même quantité de concentré que Drèches 8-.

Les apports azotés étaient rééquilibrés entre lots en utilisant des concentrés d'autant plus riches en matières azotées qu'il y avait moins de drèches et de concentré dans la ration (tabl. 1).

Le fourrage, distribué à volonté, était soit de l'ensilage de maïs (essai 1), soit de l'ensilage d'herbe (essai 2).

Animaux, rationnement

Au total, 94 vaches multipares de race Montbéliarde (pour moitié en 2ème lactation) alimentées individuellement en stabulation entravée, ont été réparties en lots les plus identiques possibles (production en lactation antérieure, poids avant vêlage, âge et date de vêlage). A partir du vêlage, chaque animal a reçu un des régimes en continu pendant 13 semaines (essai 1) ou 15 semaines (essai 2).

Pour chaque vache, la complémentation (tabl. 1) était prédéterminée et se faisait à raison de 0,45 UFL par kg de lait attendu au-dessus du niveau permis par l'énergie de la ration de base (soit 1 kg de concentré par 2 kg de lait). L'emploi d'un correcteur azoté et un apport d'urée à la mise en silo avec l'ensilage de maïs

TABLEAU 1

Traitements expérimentaux et niveaux de complémentation

ESSAIS (ensilages)	1 - (Maïs)				2 - (Herbe)			
Traitements (drêches/concentrés)	0+	8+	8-	16-	0+	8+	8-	16-
Seuil de complémentation (kg de lait 4 %) (1)	14	14	18	18	10	10	14	14
Correcteur azoté (kg)	1	-	-	-	0,5	-	-	-
Teneur en matières azotées du concentré complémentaire (% MS)	17	14	18	14	21	14	22	14

(1) L'apport énergétique de la ration de base (y compris les drêches) est supposée couvrir les besoins d'entretien et de production correspondant à ce niveau. Au-delà, l'apport de concentré (y compris le correcteur azoté) se fait à raison de 0,45 UFL/kg de lait 4 %.

TABLEAU 2

Composition et valeur nutritive des aliments

	Teneur en MS %	pH	Composition chimique % MS				Valeur nutritive retenue / kg MS		
			Matières azotées	Cellulose Weende	Cendres	Matières grasses	UFL	PDIN g	PDIE g
ESSAI 1									
. Ensilage de maïs-urée (1)	28,3	3,9	10,9	18,2	5,2	-	0,85	65	78
. Drêches ensilées	26,4	4,1	32,8	14,3	3,4	8,8	0,87	245	207
. Correcteur azoté (3)	86,5	-	45,1	7,8	8,1	1,0	1,04	349	340
. Concentré énergétique (4)	86,8	-	13,6	7,9	7,6	1,4	1,02	93	103
ESSAI 2									
. Ensilage d'herbe (2)	24,5	4,0	13,8	23,6	9,8	-	0,87	88	87
. Drêches ensilées	23,9	4,6	32,2	19,4	3,5	9,3	0,87	231	193
. Correcteur azoté (3)	87,0	-	12,9	5,2	6,5	0,7	1,11	363	294
. Concentré énergétique (4)	86,5	-	14,3	6,5	7,4	1,2	1,04	96	101

(1) contient 45 % de grains ; 16,1 g d'urée/kg MS apporté à la mise en silo sous forme de "Maïsil".

(2) Ray-gras Hybride et prairies naturelles au stade fin montaison avec ressuyage et adjonction de 3,4 l/tonne de conservateur (Ensipron).

(3) Tourteaux tannés (1/3 colza, 2/3 soja) dans l'essai 1 ; tourteau de soja dans l'essai 2.

(4) 30 % orge, 30 % maïs grain, 30 à 30,5 % de pulpes de betteraves, 6 % mélasse, 1 à 1,5 % urée, 2,5 % minéraux.

TABLEAU 3

Effets des niveaux d'apport de drèches ensilées et d'aliments concentrés sur l'ingestion
(moyennes des 13 ou 15 premières semaines de lactation)

ESSAIS (ensilages)	1 - (Maïs)				2 - (Herbe)			
Traitements (drêches/concentrés)	0+	8+	8-	16-	0+	8+	8-	16-
Nombre de vaches	10	11	9	13	13	13	13	12
Quantités ingérées (kg MS) (1)								
. ensilage	13,02a	11,45b	11,97ab	9,29c	11,86a	9,87b	10,75c	9,00bd
. drêches	-	1,66	1,88	3,62	-	1,68	1,72	3,35
. correcteur azoté	1,64	0,61	0,83	0,46	1,72	0,40	1,29	0,41
. concentré énergétique	2,42	3,40	1,91	2,22	3,97	5,18	3,00	3,89
. ration de base (2)	13,02	13,31	13,85	12,91	11,86	11,55	12,47	12,35
. ration totale (3)								
+ kg MS	17,08a	17,31a	16,59a	15,59b	17,55	17,13	16,76	16,66
+ kg MS/100 kg PV	2,89a	2,94a	2,82a	2,64b	2,81	2,73	2,67	2,66
Apports nutritifs								
. énergie UFL	15,25	15,45	14,62	13,79	16,36	15,78	15,40	15,24
. azoté g | PDIN	1644	1729	1706	1858	2049	1899	2100	2088
. azoté g | PDIE	1822	1836	1802	1859	1938	1824	1949	1943
Taux azoté MAT % MS	14,6	15	15,4	17,4	17,4	16,6	18,6	18,5

Pour chaque essai les traitements suivis de lettres différentes sont significativement différents au seuil de 5 %.

(1) Valeurs ajustées par analyse de covariance en fonction du poids vif moyen et la production de lait 4 % en 100 jours de la lactation antérieure.

(2) Y compris les drêches.

(3) Non compris 200 g de minéraux.

TABLEAU 4

Effets des niveaux d'apport de drèches ensilées et d'aliments concentrés sur les performances des vaches laitières
(moyennes des 13 ou 15 premières semaines de lactation)

ESSAIS (ensilages)	1 - (Maïs)				2 - (Herbe)			
Traitements (drêches/concentrés)	0+	8+	8-	16-	0+	8+	8-	16-
Production et composition du lait (1)								
. lait brut (kg)	24,8	25,5	25,5	25,0	26,5	27,7	27,5	26,9
. lait 4 % (kg)	25,2	24,9	25,4	24,7	26,1	27,0	26,5	25,7
. matières grasses (g)	1023	981	1008	977	1031	1060	1027	998
. matières protéïques (g)	807	816	832	800	852	893	870	848
. taux butyreux (‰)	41,5	38,5	39,8	39,1	39,0	38,1	37,2	37,3
. taux protéïques (‰)	32,6	32,0	32,8	32,1	32,4	32,2	31,7	31,6
Poids vif								
. moyenne (kg)	607 a	563 b	603 ac	586 abc	633	628	625	617
. variation apparente (3)	-39	-13	-35	-28	-16	-25	-18	-20
. variation corrigée (2)(3)	-58	-32	-53	-44	-25	-40	-27	-27
Bilans nutritifs								
. énergétiques UFL	-1,14	-0,53	-1,84	-2,24	-0,61	-1,58	-1,71	-1,44
. azotés g PDI	-20	+103	+34	+230	+217	+60	+212	+250

(1) Valeurs ajustées par analyse de covariance sur les mêmes paramètres de la lactation précédente (100 jours)

(2) En supposant un poids de contenu digestif de 4,5 kg par kg de MS ingérée.

(3) Variations entre la 1ère et la 12ème-13ème (essai 1) ou 14ème-15ème semaine (essai 2).

permettaient de rééquilibrer les apports azote-énergie. Par ailleurs, la couverture des besoins azotés au début de la lactation a été assurée en substituant du tourteau tanné (essai 1) ou du tourteau de soja (essai 2) au concentré de production pendant les 5 premières semaines (HODEN, 1978).

L'ingestion des drèches a été favorisée en les distribuant le matin en mélange avec une partie de la ration journalière d'ensilages d'herbe ou de maïs.

Les quantités ingérées, la production et la composition du lait ont été contrôlées individuellement 2 jours consécutifs par semaine (7 jours pour les drèches et le concentré). Les caractéristiques chimiques et nutritives des aliments sont présentées dans le tableau 2.

Résultats

Quantités ingérées par les vaches laitières (tabl. 3)

L'introduction d'une quantité modérée (8 kg) de drèches dans les rations, à même niveau de complémentation, n'a pas fait varier le niveau d'ingestion total (2,91 kg MS - essai 1 et 2,77 kg MS / 100 kg PV - essai 2) ni celui de la ration de base (ensilage + drèches) : respectivement 2,25 et 1,85 kg MS / 100 kg PV. En fait, les drèches se sont substituées totalement aux ensilages.

L'apport d'une quantité supplémentaire de drèches (16 kg vs 8 kg) a en revanche eu un effet sur l'ingestion différent selon le fourrage utilisé. Avec l'ensilage d'herbe, le niveau d'ingestion total et celui de la ration de base ont été peu modifiés : respectivement 2,66 et 2,00 kg MS / 100 kg PV.

Avec l'ensilage de maïs au contraire, l'ingestion totale a été fortement réduite (2,64 vs 2,82 kg MS / 100 kg PV). En effet, l'apport de 1,7 kg MS supplémentaires de drèches s'est traduit par une diminution de 2,7 kg MS ingérés de maïs pour un apport identique de concentré.

La réduction de l'apport de concentré (- 1,3 kg MS) avec les quantités modérées de drèches (Drèches 8- vs Drèches 8+) n'a pas modifié de façon significative le niveau d'ingestion total. En effet, elle a été en partie comblée par une augmentation de l'ingestion d'ensilage : 0,5 kg MS (essai 1) ou 0,3 kg MS (essai 2). Les taux de substitution ont été de 0,43 avec l'ensilage de maïs et 0,71 avec l'ensilage d'herbe.

Production et composition du lait (tabl. 4)

Par rapport au régime Témoin, l'apport d'une quantité modérée des drèches, s'est traduit par une légère augmentation (non significative), de la production de lait : + 0,7 kg (essai 1) et + 1,2 kg (essai 2). Cette tendance existe quel que soit le niveau de concentré, mais disparait lorsque la quantité de drèches apportée passe à 16 kg. Elle est également moins marquée en terme de lait 4 p.100 et de production de matières grasses et de protéines.

L'apport de drèches a entrainé une diminution du taux butyreux plus ou moins importante (bien que non significative) selon les traitements : de -1,7 à -3,0 pts dans l'essai 1 ; de -0,9 à -1,8 pts dans l'essai 2. La teneur en matières protéiques du lait n'a en aucun cas été altérée.

Evolution du poids vif

Avec l'ensilage de maïs (essai 1), les pertes de poids après vêlage semblent réduites de 26 kg par l'apport de drèches lorsqu'il n'y a pas eu de modification de la quantité de concentré distribué (non significatif). Par contre, lorsqu'il y a eu réduction de l'apport de concentré, les pertes de poids ont été sensiblement identiques.

En revanche, avec l'ensilage d'herbe (essai 2), nous n'avons pas observé de modification significative des pertes de poids en fonction des traitements.

Utilisation de l'énergie des rations (tabl. 5)

La valeur énergétique effective de la ration de base a été estimée pour chaque traitement à partir des besoins UFL correspondants aux performances enregistrées (lait, variation de poids corrigée, entretien) diminuées de l'apport UFL du concentré. L'estimation en terme d'UFL / kg MS reflète l'efficacité d'utilisation de la ration de base alors qu'en terme de lait produit par la ration de base elle intègre aussi les variations d'ingestion.

TABLEAU 5

Valorisation énergétique effective des rations de base (1)

ESSAIS (ensilages)	1 - (Maïs)				2 - (Herbe)			
Traitements (drêches/concentrés)	0+	8+	8-	16-	0+	8+	8-	16-
Production de lait 4 % effectivement permise par la ration de base (2) kg	9,7	12,2	13,3	13,8	9,8	9,9	13,6	13,1
Valeur énergétique de la ration de base (2) UFL/kg MS	0,72	0,84	0,79	0,88	0,83	0,87	0,93	0,92

(1) Calculée à partir des performances effectivement enregistrées et en ayant tenu compte des phénomènes d'associativité.

(2) Y compris les drêches.

L'apport de 8 kg de drèches (à même quantité de concentré) a accru l'efficacité d'utilisation de la ration de base (0,86 vs 0,78 UFL / kg MS). L'effet a été plus net avec l'ensilage de maïs qu'avec l'ensilage d'herbe et plus important entre 0 et 8 kg de drèches qu'entre 8 et 16 kg (tabl. 5). Cet apport n'a accru la production de lait assurée par la ration de base que dans le cas de l'ensilage de maïs entre 0 et 8 kg de drèches.

La diminution de l'apport de concentré (à même quantité de drèches) correspond à un accroissement de la valorisation énergétique de la ration de base et de la production de lait qu'elle permet seulement dans le cas de l'ensilage d'herbe.

Discussion - Conclusion

Globalement, l'emploi des drèches a eu un effet dépressif sur l'ingestion totale d'autant plus important que la quantité distribuée était élevée et que le fourrage était ingestible. Ces résultats sont en accord avec ceux de De BRABANDER *et al.* (1976), VALENTINES *et al.* (1982), PARRASSIN *et al.* (1982), DAVIS *et al.* (1983).

Seule MICHALET-DOREAU (1981) a pu observer une augmentation de l'ingestion totale en associant des drèches ensilées à un régime foin + pulpes et en réduisant l'apport de concentré.

Cependant, l'intérêt de l'emploi de quantités modérées de drèches dans la ration des vaches laitières est à nouveau confirmé puisque, outre une réduction de la teneur en azote du concentré, il a permis un accroissement de la production de lait (0,7 à 1,2 kg / j) et une économie importante de concentré (1,3 kg MS) ; ce qui est en accord avec l'ensemble des travaux français et étrangers. Cela traduit une amélioration importante de l'efficacité de l'utilisation de l'énergie des rations (0,04 à 0,12 UFL / kg MS) dont une des causes possibles serait l'amélioration de la nutrition azotée (VERITE, DEMARQUILLY, 1978).

L'apport de quantités plus importantes de drèches ensilées (16 kg) n'a pas apporté d'améliorations supplémentaires : à la difficulté de faire ingérer de telles quantités s'est ajoutée une tendance à la diminution d'ingestion de la ration entière, ce qui en retour n'a plus permis de noter d'amélioration de la production de lait. Les résultats de DAVIS *et al.* (1983) sont cohérents avec ces remarques.

En accord avec d'autres auteurs (VALENTINES *et al.*, 1982 ; PARRASSIN *et al.*, 1982 ; DAVIS *et al.*, 1983 ; HODEN *et al.*, 1985), la diminution du taux butyreux enregistrée lors de l'utilisation des drèches n'a en aucun cas été suffisante pour provoquer une diminution de la quantité de matières grasses sécrétée. Cette diminution n'a pas été observée lorsque le taux butyreux des vaches est faible au départ (MURDOCK *et al.*, 1981 ; MICHALET-DOREAU, 1981).

De même, l'apport d'une quantité modérée de drèches (8 kg) dans les rations, à même niveau de complémentation, n'a pas entraîné de répercussions nettes sur les phénomènes de la reproduction (tabl. 6). La réduction de l'apport de concentré a par contre entraîné une diminution des taux de réussite après 1ère ou 2ème insémination. Toutefois, ces observations ne semblent pas concorder avec les variations de poids, les performances et les bilans nutritifs des animaux.

Par leur valeur nutritive et leurs conditions d'emploi (quantités limitées), les drèches de brasserie se rapprochent des aliments concentrés, mais elles doivent être considérées comme un fourrage si l'on se réfère à leur effet sur l'ingestion. Toutefois, par la meilleure valorisation de l'énergie, leur emploi en quantité modérée peut permettre de réduire l'apport de concentré et accroître ainsi la consommation de la ration de base.

D'un point de vue pratique, l'emploi en quantité modérée (8 à 12 kg) de drèches ensilées bien conservées permet d'augmenter d'environ 3 kg la quantité de lait couverte par l'énergie de la ration de base. L'économie substantielle de concentré qui en résulte s'accompagne d'une réduction non négligeable de la part de tourteaux à utiliser.

TABLEAU 6

Effets des drèches sur les paramètres de la reproduction (1)

Traitements (drêches/concentrés)	0+	8+	8-	16-
Nombre de vaches mises à la reproduction (2)	22/23	22/24	21/22	21/25
Taux de réussite après 1ère I.A	55	56	29	33
Taux de réussite après 2ème I.A	68	64	48	33
Proportion de femelles gestantes %	91	86	95	86
Nombre d'inséminations par femelle gestante	1,7	1,9	2,4	2,2

(1) Résultats moyens des 2 essais.
(2) 8 vaches n'ont pas été mises à la reproduction pour causes de réformes habituelles.

Références bilbiographiques

DAVIS C.L., GRENAWALT D.A., Mc COY G.C., 1983. Feeding value of pressed Brewers'grains for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **66,** 73-79.

De BRABANDER D.L., AERTS J.V., BOUCQUE Ch.V., BUYSSE F.X., 1975. Alimentation des vaches laitières avec de l'ensilage de maïs. Quantités ingérées, production, influence de la hauteur de coupe du maïs et de la distribution d'un supplément de foin, d'urée ou de drèches de brasserie. *Rev. Agric.*, **28,** 593-624.

DEMARQUILLY C., 1979. Valeur nutritive et utilisation des drèches de brasserie. *Bull. tech. Inf.*, **343-344,** 389-393.

HODEN A., 1978. Rationnement au début de la lactation. In *« La Vache laitière »*. Ed. INRA Publ., route de St-Cyr, 78000 Versailles, 71-86.

HODEN A., COULON J.B., DULPHY J.P., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique. *Bull. tech. CRZV Theix INRA,* **62,** 69-79.

MICHALET-DOREAU B., 1981. Non publié.

MURDOCK F.R., HOGDSON A.S., RILEY R.A., 1981. Nutritive value of wet brewers grains for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **64,** 1826-1832.

PARRASSIN P.R., VERITE R., HODEN A., 1982. Utilisation des drèches de brasserie ensilées par les vaches laitières. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **47,** 27-32.

PORTER R.M., ROGERS J.A., CONRAD H.R., 1977. Feed intake, milk production and digestibility in cows fed dried, rewetled and wet brewer's. *J. Dairy Sci.*, **60,** suppl. 1, 142-143A.

RAKES A.H., DAVENPORT D.G., 1975. Brewery by product as a feed for Dairy Cattle. North Carolina State Univ. Agric. Exp. Stn. Bulletin nº 450.

VALENTINES S.C., WICKES R.B., 1982. The production and composition of milk from dairy cows fed hay and supplemented with either brewer's grains or rolled Barley grain. *Aust. J. exp. Agric. Husb.*, **22,** 155-158.

VERITE R., DEMARQUILLY C., 1978. Qualité des matières azotées des aliments pour ruminants. In « *La Vache laitière* » Ed. INRA Publ., route de St-Cyr, 78000 Versailles, 143-157.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 53-67

Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache
2. Taux protéique : facteurs généraux (1)

B. REMOND

INRA-CRZV Theix, Laboratoire de la Lactation, 63122 Ceyrat

Le goût croissant du consommateur pour le fromage et sa désaffection partielle pour le beurre font des protéines la partie désormais la plus recherchée du lait, puisqu'un rapport étroit relie leur teneur au rendement fromager. Les éleveurs et les transformateurs de lait s'y intéressent donc de plus en plus, d'autant qu'à certaines périodes (milieu de l'été, notamment) et dans certaines régions (CATTIN-VIDAL, 1984) le taux protéique trop faible du lait rend difficile la fabrication de fromage.

La teneur du lait en protéines dépend de nombreux facteurs et en particulier du patrimoine génétique de la vache puisqu'il s'agit d'un caractère dont l'héritabilité est élevée. Une fois l'animal conçu, l'éleveur n'a plus de possibilité notable d'action sur le taux protéique que par le biais de l'alimentation.

Dans cet article de synthèse, qui fait suite à de nombreux articles généraux déjà publiés sur ce thème (EMERY, 1978 ; JOURNET et REMOND, 1980 ; THOMAS, 1980 ; THOMAS, 1983, parmi les plus récents), nous étudierons certains aspects de l'alimentation, en particulier l'effet du niveau et de la nature des apports énergétiques et azotés. L'effet des principaux types de ration et des aliments sera envisagé par HODEN *et al.* (1985) dans l'article suivant.

Brefs rappels sur la nature et l'origine des matières azotées du lait de vache

Les matières azotées du lait sont formées de multiples constituants qui ont fait l'objet de nombreux travaux et revues de synthèse (i.a. BRUNNER, 1981). On distingue classiquement, sur la base de divers critères (composition chimique, valeur nutritionnelle, intérêt technologique), la fraction protéique qui représente en moyenne 95 p.100 de l'azote total du lait et la fraction azotée non protéique qui en représente 5 p.100. La première fraction se décompose elle-même en 2 principales sous-fractions : les caséines et les protéines du lactosérum.

Les caséines renferment en moyenne 78 p.100 de l'azote du lait. On les distingue des autres protéines par le fait qu'elles coagulent à pH 4,6 et sous l'action de la présure. Ce sont des phosphoprotéines diverses dont les principales sont les caséines αS1, αS2, β, κ, γ dont les proportions sont relativement fixes : respectivement 38, 10, 36, 13 et 3 p.100.

Les protéines du lactosérum sont les protéines autres que les caséines. Elles renferment en moyenne 17 p.100 de l'azote du lait et comportent principalement, quantitativement, de la β-lactoglobuline (environ 50 p.100 des protéines du lactosérum), de l'α-lactalbumine (20 p.100) qui est un des 2 constituants de la lactose-synthétase des cellules sécrétrices de la mamelle, de la sérum-albumine et des immunoglobulines.

Les matières azotées non protéiques constituent une fraction quantitativement et nutritionnellement secondaire, et très hétérogène. Nous étudierons plus loin sa composition de façon plus détaillée.

Les protéines synthétisées par la mamelle représentent de 90 à 95 p.100 des protéines du lait. Leur synthèse s'effectue à partir des acides aminés libres circulant dans le sang. Les protéines prélevées telles quelles dans le sang (5 à 10 p.100 des protéines sécrétées) font partie des protéines du lactosérum. Il s'agit en particulier de la sérum-albumine et d'une partie des immunoglobulines dont le transfert du sang est activé en fin de gestation (cas des IG1) ou en cas d'inflammation de la mamelle (cas des IGA). Certaines molécules non protéiques proviennent du sang par libre passage à travers l'épithélium de la mamelle (urée, par exemple), alors que d'autres (acide orotique, par exemple) sont des produits intermédiaires ou de déchets du métabolisme de la mamelle.

(1) Texte présenté lors des journées INRA-ENSAR-INAPG sur la composition chimique du lait et ses incidences technologiques. Rennes, septembre 1984.

La fraction azotée non protéique : composition et teneur

Bien que les différentes méthodes de mesure en routine du taux protéique ne dosent que les protéines, nous commencerons par étudier la composition de la fraction azotée non protéique et sa concentration qui varient de façon différente de celle des protéines et qui peuvent permettre d'estimer le degré de satisfaction des besoins azotés des animaux. De plus, nous utiliserons les variations moyennes observées pour corriger les concentrations de matières azotées totales de la bibliographie quand nous voudrons estimer les teneurs en protéines (vraies).

L'azote non protéique est présent dans le lait à des concentrations très variables mais qui sont en général comprises entre 25 et 35 mg pour 100 g, ce qui représente 5 à 6 p.100 de l'N total du lait (tabl. 1). Les éléments qui le constituent peuvent se répartir en 2 groupes :

- l'urée, dont la teneur moyenne est en général comprise entre 10 et 20 mg pour 100 g (soit environ la moitié de l'azote non protéique), mais qui peut varier dans des échantillons individuels de moins de 5 mg à plus de 40 mg pour 100 g sous l'influence, en particulier, du niveau des apports azotés ;

- les constituants autres que l'urée, dont la concentration, voisine de 15 mg / 100 g, varie peu. Ils ont fait l'objet de diverses études (i.a. SHAHANI et SOMMER, 1951) et récemment WOLFSCHOON-POMBO et KLOSTERMEYER (1981) ont observé les concentrations (et écarts-types) suivants (mg / 100 g de lait) pour 273 échantillons individuels de lait provenant de 2 troupeaux de races Pie Noire et Pie Rouge Allemandes étudiés pendant 1 an : N-ammoniacal : 0,88 (0,61) ; N-créatine : 2,55 (0,64) ; N-créatinine : 1,21 (0,68) ; N acide urique : 0,78 (0,33) ; N-aminé : 4,43 (0,82) ; N acide orotique : 1,46 (0,59) ; N-peptidique : 3,20 (1,49) ; N acide hippurique : 0,44 (0,12). La production journalière de lait correspondant à ces échantillons était de 20 kg.

Comme l'ont montré différents auteurs (9, 67, 74, 118, 126) la teneur en N non protéique du lait varie comme celle de l'N uréique du lait (r compris entre 0,78 et 0,98 selon les études) qui est elle-même pratiquement identique à celle du sang (33, 57, 80, 86, 88, 90 : r compris entre 0,77 et 0,98), puisque l'urée filtre librement entre le sang et le lait.

La teneur en N non protéique du lait varie donc avec les mêmes facteurs et avec la même amplitude que la teneur en urée du sang ou du lait, et en particulier avec

- le niveau des apports azotés ; ainsi dans une récapitulation de nombreux essais réalisés à l'INRA de Theix, JOURNET *et al.* (1975) ont observé un accroissement de la teneur en N-uréique du plasma sanguin d'environ 1,8 mg / 100 ml pour un accroissement de 1 point p.100 de la teneur en MAT de la ration. Cette valeur est en accord avec la valeur moyenne de 2,1 mg (1,5 à 3,7) pour 100 ml de lait ou de sang que nous avons calculée à partir des résultats de 8 essais (18, 32, 38, 44, 70, 79, 90, 115) ;

- le niveau des apports énergétiques ; pour le même niveau d'apport azoté, l'accroissement du niveau des apports énergétiques diminue la teneur en azote non protéique du lait (41, 96).

TABLEAU 1

Concentration des principales fractions azotées non protéiques dans le lait

Auteurs	Echantillons	Azote non protéique (ANP)	Azote uréique	Azote non protéique et non uréique	ANP % N total	N uréique % A N P
		mg N/100 g Lait				
SHAHANI et SOMMER, 1951	6 échantillons individuels.	30,0 *(25-32)*	14,5 *(6-20)*	15,5 *(12-19)*	6,0 *(4,9-6,9)*	47 *(24-63)*
ROOK et LINE, 1962	4 rations : 80 à 165 % apports azotés recommandés	18,3-33,3			3,7-6,5	
IDE et al. 1966	7 rations	17,7-40,5	5,2-30,0	10,5-17,8		19-74
Mac DOWELL, 1972	10 troupeaux - Frisonnes échantillons hebdomadaires	35 *(24-54)*	20 *(12-29)*	15	6,5 *(4,9-10,2)*	57 *(33-79)*
	- Jersey	33 *(22-51)*	20 *(9-31)*	13	5,7 *(3,7-8,7)*	
LE DORE, 1977	1029 échantillons individuels	27,9 *(15,2-48,5)*	13,9 *(4,1-39,7)*	14,0	5,2 *(2,9-8,9)*	50 *(18-86)*
VIGNON et al. 1978	6 Vaches -Régime Hiver	25,8	11,2	14,6		43
	-Pâturage	32,5	17,6	14,9		54
JUAREZ et al. 1979	139 échantillons moyens variations mensuelles	37-44				
WOLFSCHOON-POMBO et KLOSTERMEYER, 1981	273 échantillons individuels	29,6	14,2	15,4	5,5	48

Effet de l'alimentation sur le taux protéique du lait

Apports azotés

Niveau des apports azotés

Dans 2 essais très démonstratifs dans lesquels ne variait que le degré de satisfaction des besoins azotés, les quantités d'aliments offertes étant limitées, ROOK et LINE (1962) ont montré que l'accroissement des apports azotés alimentaires (satisfaction de 70 p.100 à 165 p.100 des besoins) provoque une augmentation de la quantité de protéines sécrétée dans le lait due exclusivement à celle de la quantité de lait produite puisque la concentration de l'azote protéique ne variait pas, même lorsque les animaux étaient en carence azotée prononcée (tabl. 2). Ils observaient, en revanche, un accroissement relativement important de la concentration de l'azote non protéique, qu'on peut estimer à environ 1,6 mg/100 g de lait/point de MAT supplémentaire dans la ration.

De nombreux essais, avant ceux de ROOK et LINE (1962) et surtout après, ont eu pour objet l'influence du niveau des apports azotés sur la production laitière. Nous en avons rassemblé 58 pour la majorité desquels l'accroissement du niveau des apports azotés avait été réalisé avec du tourteau de soja. Lorsque les auteurs n'avaient publié que la teneur du lait en matières azotées totales (N total × 6,38), nous avons, pour pouvoir mieux apprécier les variations du taux des protéines vraies, corrigé leurs valeurs en admettant que l'accroissement de 1 point p.100 de la teneur en MAT de la ration entraînait l'augmentation de la teneur en N non protéique du lait de 1,8 mg pour 100 g de lait (JOURNET *et al.*, 1975), soit 0,11 g de matières azotées non protéiques par kg de lait.

Voici les principales tendances qui se dégagent de cette compilation :

- l'accroissement du taux azoté de la ration, à partir de valeurs presque toujours insuffisantes, entraîne dans un peu plus de la moitié des essais seulement (tabl. 3) un accroissement, faible en moyenne (fig. 1), du taux protéique du lait. En revanche, les quantités de lait et de protéines sécrétées sont systématiquement accrues. C'est l'augmentation de la production laitière qui provoque, en moyenne, plus de 80 p.100 de l'augmentation de la quantité de protéines sécrétée. Ces différentes augmentations obéissent à la loi des rendements décroissants, en particulier le taux protéique qui « plafonne ». Ainsi, alors que les accroissements de quantité de lait produite, de taux protéique et de quantité de protéines sécrétée par point p.100 supplémentaire de MAT dans la ration sont respectivement de 1,1 kg, 0,35 g p.1000, et 42 g par jour entre les niveaux azotés bas et moyen, ils ne sont plus que de 0,6 kg, 0,07 g p.1000 et 20 g par jour entre les niveaux moyen et haut ;

- l'augmentation du taux protéique du lait consécutive à l'accroissement des apports azotés alimentaires semble plus élevée lorsque l'alimentation est offerte à volonté que quand elle est restreinte (tabl. 4) ; nous en verrons plus loin les causes possibles. La même tendance se dessine pour ce qui concerne les quantités de lait et de protéines produites, bien que de façon plus faible.

Nous avons confirmé ce résultat à l'INRA de Theix dans 2 essais réalisés en début de lactation avec des vaches recevant des rations à base d'ensilage de maïs (tabl. 5). Il est à remarquer que dans chaque essai, la plus grande perte de poids vif a été associée au taux protéique le plus faible. Nous verrons plus loin que cette liaison est générale.

- l'augmentation du taux protéique du lait et surtout de la quantité de lait produite sous l'influence de l'accroissement des apports azotés alimentaires a été observée pour les 3 grandes catégories de ration de base dans lesquelles nous avons classé les essais (ensilage de maïs, ensilage d'herbe, foin et sous-produits) (tabl. 3). Les différences de réponse enregistrées entre les catégories sont difficiles à interpréter à cause de la grande variabilité entre les essais et des conditions expérimentales très différentes dans lesquelles ils ont eu lieu. On note toutefois que c'est pour les régimes à base d'ensilage de maïs, qui sont le plus souvent carencés en azote fermentescible, que les accroissements de production de lait et de protéines sont les plus élevés.

TABLEAU 2

Effet du niveau des apports azotés sur la quantité de lait produite et sur la concentration dans le lait des protéines et de l'azote non protéique
(Résultats de ROOK et LINE, 1962)

Apports azotés (en % des recommandations)	Quantité de lait produite (kg/j)	Teneur du lait (g/kg) en	
		Protéines (N protéique x 6,38)	Azote non protéique
80	15,3	30,5	0,18
100	16,2	30,7	0,22
125	16,2	30,6	0,26
165	16,4	30,5	0,33

TABLEAU 3

Effet du niveau des apports azotés alimentaires sur les quantités de lait et de protéines produites, et sur le taux protéique, selon la nature de la ration de base

Nature de la ration de base	Ensilage de maïs *(1)*	Ensilage d'herbe *(2)*	Foin et sous-produits *(3)*
Nombre d'essais (dont essais à alimentation à volonté).	20 (16)	18 (11)	20 (10)
Matières azotées totales % matière sèche de la ration (moyenne des teneurs minimales et maximales).	12,7 - 15,2	14,3 - 16,9	12,3 - 15,6
Caractéristiques de la production laitière dans les essais (Moyenne des lots) :			
. Lait (kg)	26,4	19,9	20,2
. Taux protéique (g p.1000)	32,3	31,4	30,9
Accroissement (par point de MAT supplémentaire) :			
. Lait (kg)	0,84	0,38	0,41
. Taux protéique (g p.1000)	0,11	0,12	0,15
. Protéines (g)	29	14	15
Part de l'accroissement du taux protéique dans celui de la quantité de protéines sécrétée (%)	9	16	19
Nombre d'essais dans lesquels a augmenté :			
. la quantité de lait produite	18	17	20
. le taux protéique	13	10	9
. la quantité de protéines sécrétées	20	18	20

(1) d'après les données de : 3 - 8 - 18 - 21 - 32 - 34 - 55 - 63 - 64 - 69 - 70 - 72 - 87 - 92 - 105.

(2) d'après les données de : 11 - 14 - 23 - 24 - 37 - 38 - 39 - 60 - 61.

(3) d'après les données de : 20 - 27 - 36 - 41 - 44 - 45 - 50 - 68 - 79 - 84 - 97 - 110 - 111 - 112 - 121.

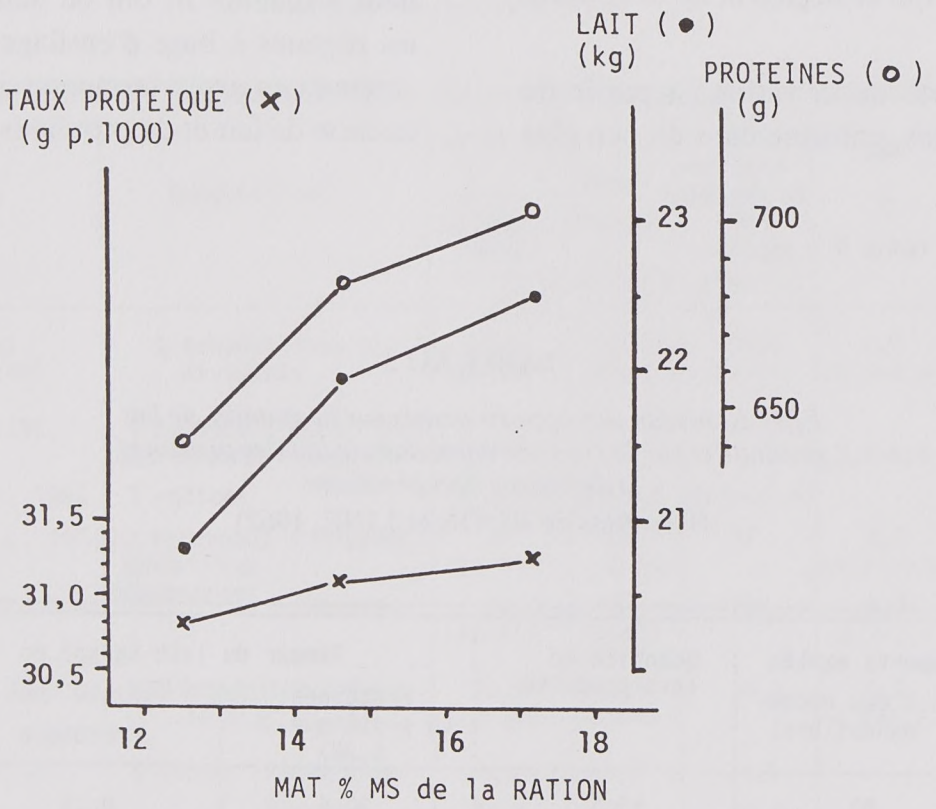


FIG. 1 : *Liaison entre la teneur en matières azotées totales de la ration et la quantité de lait et de protéines produites, et le taux protéique du lait*

Moyenne de 28 essais : 3 -8 - 11 - 18 - 23 - 24 - 27 - 34 - 35 - 37 - 41 - 44 - 50 - 61 - 63 - 69 - 70 - 84 - 87 - 110 - 111, comportant au moins 3 niveaux d'apports azotés).

TABLEAU 4

Effet du niveau des apports azotés alimentaires sur les quantités de lait et de protéines produites et sur le taux protéique du lait, selon le niveau de distribution de la ration

Quantité d'aliments offerte	Limitée	A Volonté (au moins 1 aliment)
Nombre d'essais	21 (1)	37 (2)
Matières azotées totales % matière sèche de la ration (Moyenne des teneurs minimales et maximales).	12,7-15,7	13,2-16,0
Caractéristiques de la production laitière dans les essais (Moyenne des lots) :		
. Lait (kg)	19,9	23,6
. Taux protéique (g p.1000)	31,2	31,7
Accroissement (par point de MAT supplémentaire) :		
. Lait (kg)	0,43	0,57
. Taux protéique (g p.1000)	0,07	0,18
. Protéines (g)	15	22
Part de l'accroissement du taux protéique dans l'accroissement de la quantité de protéines sécrétée (p.100).	9	19

(1) D'après les données de : 8 - 23 - 34 - 35 - 39 - 41 - 50 - 54 - 60 - 61 - 68 - 79 - 84 - 105 - 109.

(2) D'après les données de : 3 - 11 - 14 - 18 - 20 - 21 - 24 - 27 - 32 - 37 - 38 - 44 - 45 - 54 - 63 - 64 - 65 - 69 - 70 - 72 - 87 - 92 - 110 - 111 - 112 - 121.

TABLEAU 5

Effet du niveau des apports azotés alimentaires sur la quantité de lait produite et sur le taux protéique selon le niveau de distribution du fourrage

(Moyenne des 8 premières semaines de la lactation)

(d'après JOURNET *et al.*, 1983)

Distribution du fourrage *(1)*	LIMITEE (Essai 1)		A VOLONTE (Essai 2)	
Niveau des apports azotés (PDI/kg MS)	Bas (94)	Haut (111)	Bas (86)	Haut (102)
Lait (kg)	23,9	27,0	25,4	27,7
Taux protéique (g p.1000)	33,1	33,0	31,1	32,2
Perte de poids vif (kg)	40	49	65	61

(1) Ensilage de maïs plante entière.

Nature des apports azotés

** Nature des protéines*

Nous avons rassemblé 8 essais (29, 32, 55, 60, 72, 82, 108, 112) dont un (108) effectué avec des chèvres, qui avaient pour objet de comparer, à même niveau azoté de la ration, les conséquences de l'apport de protéines complémentaires (tourteaux en général) de natures différentes sur la production laitière. Les résultats ne suggèrent pas de liaison entre la dégradabilité des protéines complémentaires apportées et la variation du taux protéique du lait, ce qui peut s'expliquer par au moins 2 raisons :

- la distribution de protéines de solubilité faible plutôt qu'élevée n'est intéressante que si la nutrition azotée des microbes est satisfaisante ;

- l'éventuel effet de la composition en acides aminés des protéines apportées se confond avec l'effet de la quantité des acides aminés effectivement absorbés, qui diffère généralement d'une source azotée à l'autre, à cause de la fermentescibilité différente dans la panse des protéines alimentaires. Dans un essai où nous comparions les effets de l'apport de tourteau d'arachide tanné à ceux d'un mélange (1 / 1) tourteau de soja-tourteau de colza tannés (après vérification de la bonne qualité du tannage) au même niveau d'apport d'acides aminés digestibles dans l'intestin, nous avons observé que la complémentation avec des protéines de meilleure qualité (riches en acides aminés limitants pour la production laitière) accroissait la quantité de lait produite de 3,3 kg sans modifier significativement le taux protéique du lait (JOURNET *et al.*, 1983).

** Urée*

Dans 6 essais (30, 51, 52b, 55, 64, 124), l'apport d'urée à des rations pauvres en azote à base d'ensilage de maïs provoque un accroissement du taux protéique du lait (0,13 g / kg de lait / point de MAT supplémentaire) et surtout de la quantité de lait sécrétée (1,2 kg / point de MAT supplémentaire). Simultanément, les auteurs ont observé une augmentation de la quantité d'aliments ingérées (0,27 kg / point de MAT supplémentaire) et de sa digestibilité (1,9 point p.100 de dMO par point de MAT).

** Protéines protégées*

La complémentation de la ration avec des aliments riches en protéines protégées de l'action des microbes de la panse (caséine ou tourteau, traités à l'aldéhyde formique ou chauffés), plutôt qu'avec leur forme normale, à même niveau d'apport azoté, a, en moyenne sur 14 comparaisons (7, 16, 21, 31, 43, 59, 63, 73, 91, 120) très légèrement accru la quantité de lait produite (0,4 kg / j) sans modifier le taux de protéines ou de matières azotées totales du lait. Dans la majorité de ces comparaisons, les conditions *a priori* optimales à la manifestation d'un effet favorable des protéines protégées n'étaient pas réunies, soit que les teneurs azotées des rations étaient trop élevées, soit que la bonne maîtrise technologique de la protection des protéines n'était pas assurée. Dans 2 essais, où les quantités d'aliments distribuées étaient limitées, VERITE et JOURNET (1977) ont observé que le remplacement de 1,4 à 1,7 kg de MS de tourteaux de soja-colza (1 / 1) normal par la même quantité de tourteaux correctement traités au formol provoquait un accroissement important de la quantité de lait produite (1,6 kg en moyenne) sans modification du taux protéique du lait.

Niveau et nature des apports azotés, et composition en protéines du lait

L'accroissement du niveau d'alimentation azotée a eu tendance à provoquer une légère diminution de la proportion des caséines dans les MAT (fig. 2 ; HOLMES *et al.*, 1956 ; CASTLE et WATSON, 1969) qui disparaît complètement cependant si on calcule le rapport caséines / protéines en estimant que l'augmentation de 1 point p.100 de la teneur en MAT de la ration entraîne un accroissement de 1,8 mg d'azote non protéique pour 100 ml de lait (cf. ci-avant). Dans 2 essais conduits par ROOK et LINE (1962), le rapport caséines / protéines ne s'est pas trouvé du tout modifié dans une gamme pourtant très large de teneur en MAT de la ration : entre 10 et 20 p.100 environ.

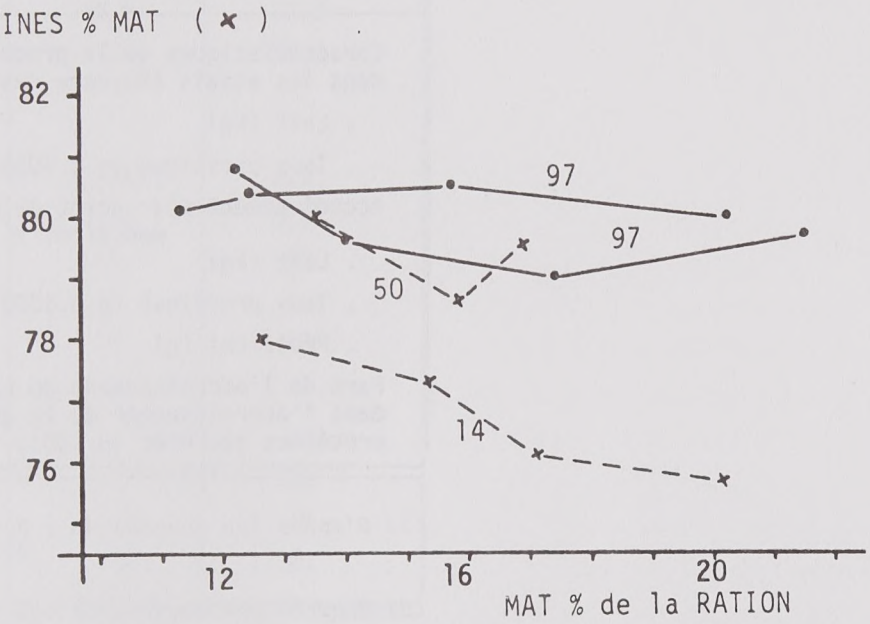


FIG. 2 : *Effet de la teneur en matières azotées totales de la ration sur la proportion de la caséine dans les protéines ou dans les matières azotées totales du lait*

Ni KELLAWAY *et al.* (1974), ni RODRIGUEZ *et al.* (1974) qui comparaient différentes sources ou formes d'apport d'azote alimentaire n'observent de différences significatives du rapport caséines / MAT ou caséines / protéines. Il en est de même de ROGERS *et al.* (1984) qui infusaient dans le duodénum 340 g de protéines (apportant 10 à 14 p.100 de l'N total absorbé) provenant de la caséine, du tourteau de soja ou du tourteau de coton. Le rapport caséines / protéines paraît donc tout à fait insensible au niveau et à la nature des apports azotés.

Apports énergétiques

Niveau des apports énergétiques

Nous avons analysé 38 essais dans lequels 2 niveaux d'apport énergétique (12 essais), 3 niveaux (20 essais) ou plus de 3 niveaux (6 essais) étaient comparés. Dans la presque totalité d'entre eux, l'accroissement des apports s'est effectué par une augmentation de la quantité d'aliment concentré distribuée aux animaux (ou de leur proportion), de sorte qu'il s'est accompagné d'un accroissement de la proportion des aliments concentrés. Les conditions expérimentales (schéma expérimental, durée de l'essai, période de lactation, nature des aliments et mode de rationnement,...) ont été très différentes d'un essai à l'autre mais, en général, les apports énergétiques comparés (que nous avons exprimés en UFL, en utilisant parfois les valeurs énergétiques des Tables d'Alimentation de l'INRA) encadraient les apports recommandés. La production laitière moyenne de ces essais était de 21 kg.

En moyenne pour les 38 essais, l'accroissement d'1 UFL de l'apport énergétique a accru la quantité de lait produite de 0,86 (± 0,63) kg la quantité de protéines sécrétée de 39 (± 22) grammes et le taux protéique de 0,51 (± 0,31) grammes p.1000 (fig. 3).

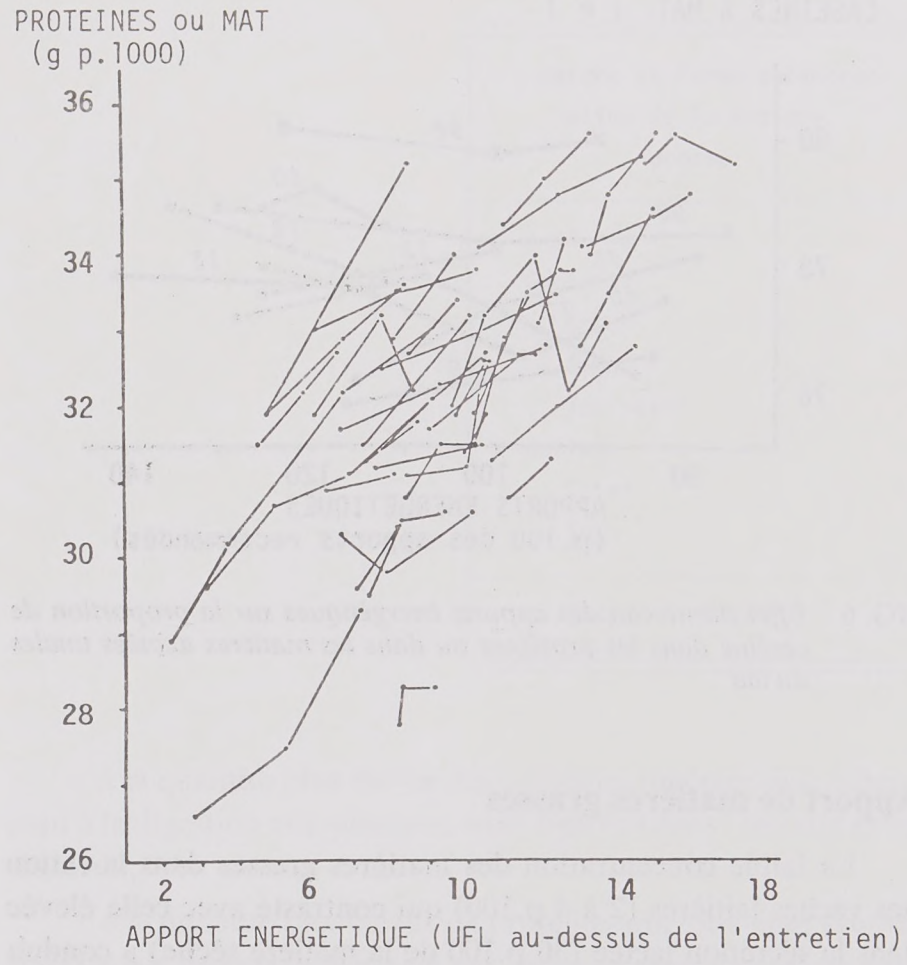


FIG. 3 : *Liaison entre l'apport énergétique de la ration et la teneur du lait en protéines ou en matières azotées totales (MAT.)* (d'après les données de 5 - 11 - 12 - 13 - 19 - 25 - 26 - 35 - 36 - 40 - 46 - 47 - 49 - 55 - 61 - 62 - 66 - 71 - 76 - 77 - 78 - 85 - 96 - 104 - 116 - 123)

Ces coefficients de régression n'ont qu'une valeur indicative car :

- les liaisons entre l'apport énergétique d'une part, et les quantités de lait ou de protéines, ou le taux protéique d'autre part, ne sont pas linéaires mais suivent la loi des rendements décroissants comme l'indiquent les variations calculées dans les 27 essais pour lesquels au moins 3 niveaux d'apport énergétique avaient été comparés (fig. 4). Ainsi, alors que les accroissements de la quantité de lait produite, du taux protéique et de la quantité de protéines sécrétée par UFL supplémentaire sont respectivement de 0,97 kg, 0,49 g p.1000 et 41 g par jour entre les niveaux bas et moyen, ils ne sont plus que de 0,63 kg, 0,36 g p.1000 et 28 g par jour entre les niveaux moyen et haut ;

- ils présentent une très grande variabilité puisque les coefficients de variations sont compris entre 56 p.100 (quantité de protéines sécrétée) et 73 p.100 (quantité de lait produite). La variation de la teneur en protéines n'a pas du tout été liée à celle de la quantité de lait produite ;

- ils ont été calculés, dans la grande majorité des essais, avec des quantités d'énergie supplémentaire apportées calculées, et non pas mesurées ; or, l'accroissement du niveau des apports de concentré semble, au moins dans certains cas, accroître moins que prévu le niveau énergétique de la ration. Ainsi STEEN et GORDON (1980) observent avec des rations à base d'ensilage d'herbe que l'accroissement mesuré de la digestibilité de la matière organique consécutif à l'augmentation de l'apport de concentré est plus de 2 fois plus faible que celui qui pouvait être attendu (21 g au lieu de 51 g par kg de MS). DULPHY et DEMARQUILLY (1975) ont fait des observations similaires. On peut donc penser que les accroissements de production de lait et de protéines, et de taux protéique par UFL supplémentaire effectivement disponible par les animaux sont plus élevés que ceux que nous avons calculés.

L'accroissement des quantités de protéines sécrétées est dû pour plus de 70 p.100 à celui de la quantité de lait produite, et pour moins de 30 p.100 à l'augmentation du taux protéique.

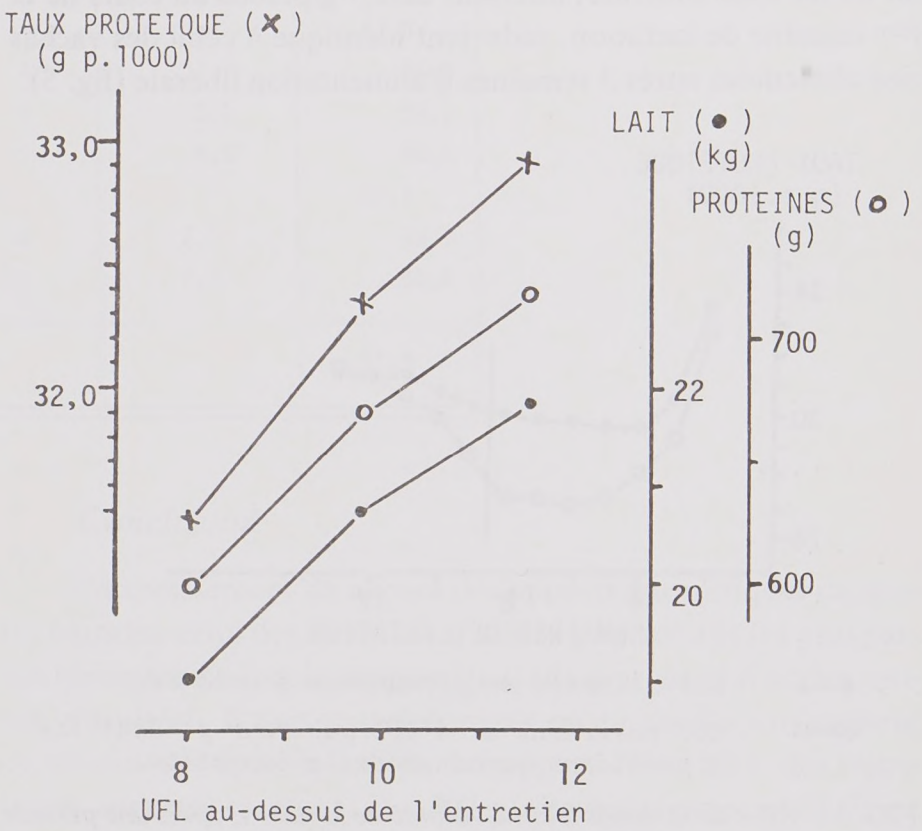


FIG. 4 : *Effet du niveau des apports énergétiques sur les quantités de lait et de protéines produites et sur le taux protéique du lait* (Moyenne de 27 essais : 5 - 11 - 12 - 35 - 36 - 40 - 47 - 49 - 50 - 52 - 61 - 62 - 66 - 71 - 76 - 77 - 85 - 96 - 104 - 116 - 123, comportant au moins 3 niveaux d'apport énergétique).

Délai de réponse du taux protéique du lait à des modifications du niveau des apports énergétiques

L'application de niveaux énergétiques différents a plus d'effet sur le taux protéique du lait à la fin de la période d'application des traitements qu'il n'en a, en moyenne, au cours de l'ensemble de la période. Ainsi, comparant 3 niveaux d'apport de concentré pendant les 74 premiers jours de lactation, STEEN et GORDON (1980) observent que la différence de taux protéique entre les niveaux énergétiques extrêmes est de 0,7 g p.1000 en moyenne sur l'ensemble de la période, mais qu'elle atteint 1,4 g p.1000 au cours de la dernière semaine expérimentale. Dans un autre essai (GORDON, 1984) où la durée d'application des traitements était plus longue (170 jours), les apports extrêmes de concentré (0,64 et 1,59 tonne par vache) ont entraîné une différence de taux protéique du lait de 2,7 g p.1000 en moyenne pendant l'ensemble de la période, mais de 3,2 g p.1000 à la fin de la période expérimentale. Ces observations suggèrent que les effets d'une sous-alimentation sur le taux protéique du lait peuvent être, à certaines périodes, sensiblement plus importants que ne l'indiquent les données de la bibliographie qui, en général, sont des effets moyens mesurés sur l'ensemble de la période expérimentale.

Inversement, le rétablissement d'un niveau énergétique satisfaisant à des vaches préalablement sous-alimentées provoque

le rétablissement relativement rapide du taux protéique. Ainsi, COULON *et al.* (1985) observent que la différence de taux protéique du lait de 1,2 g p.1000 entre des lots bien et sous-alimentés pendant la période de stabulation hivernale se réduit à 0,3 g p.1000 pour la moyenne des semaines 2, 3 et 4 après la mise à l'herbe. Nous avons nous-même constaté (REMOND *et al.*, résultats non publiés) avec des vaches dont la moitié avait reçu une alimentation restreinte au cours des 8 premières semaines de la lactation et libérale ensuite (l'autre moitié ayant en permanence reçu une alimentation libérale), que le taux protéique du lait du lot sous-alimenté, inférieur de 2,7 g p.1000 au cours de la 8ème semaine de lactation, redevient identique à celui des vaches bien alimentées après 3 semaines d'alimentation libérale (fig. 5).

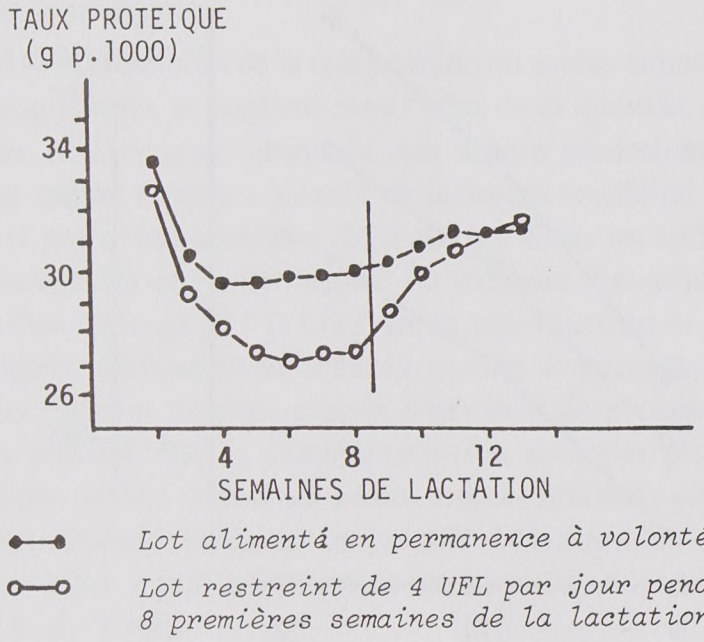


FIG. 5 : *Effet de la distribution à volonté de la ration, après une période de sous-alimentation, sur le rétablissement du taux protéique du lait.*
(d'après REMOND, CHILLIARD et LARNICOL, résultats non publiés).

Niveau et nature des apports énergétiques, et composition en protéines du lait

Les variations de la concentration des différentes fractions azotées du lait sous l'influence du niveau des apports énergétiques ou du niveau général d'alimentation ont surtout été étudiées il y a plus de 2 décennies en Grande-Bretagne. Le rapport caséines/MAT, qui est souvent le seul à pouvoir être calculé, ne change pas, ou de moins de 1 point p.100, sous l'influence de larges variations du niveau des apports énergétiques (fig. 6). Or les variations du rapport caséines/protéines sont sensiblement inférieures à celles du rapport caséines/MAT comme permettent de s'en rendre compte les résultats de ROOK *et al.* (1960) et de ROOK et LINE (1961) : entre les bas et haut niveaux d'apport énergétique, le rapport caséines/MAT s'est accru respectivement de 0,7 et 1,4 point p.100 alors le rapport caséines/protéines n'a augmenté que de 0,4 et 0,2 point p.100. Cela s'explique par la diminution de la proportion des matières azotées non protéiques dans les MAT lorsque le niveau énergétique s'accroît, le niveau des apports azotés restant constant (ROOK et LINE, 1961 ; GORDON et FORBES, 1970).

Au même niveau d'apport énergétique, la proportion de concentré dans la ration (entre 30 et 75 p.100 de la MS) ne modifie pas le rapport caséines/protéines (NORDFELDT et RUUDWERE, 1963 ; NORDFELDT et CLAESSON, 1964 ; GRANT et PATEL, 1980). On peut donc considérer que la proportion des caséines dans les protéines ne varie pas avec le niveau et la nature des apports énergétiques.

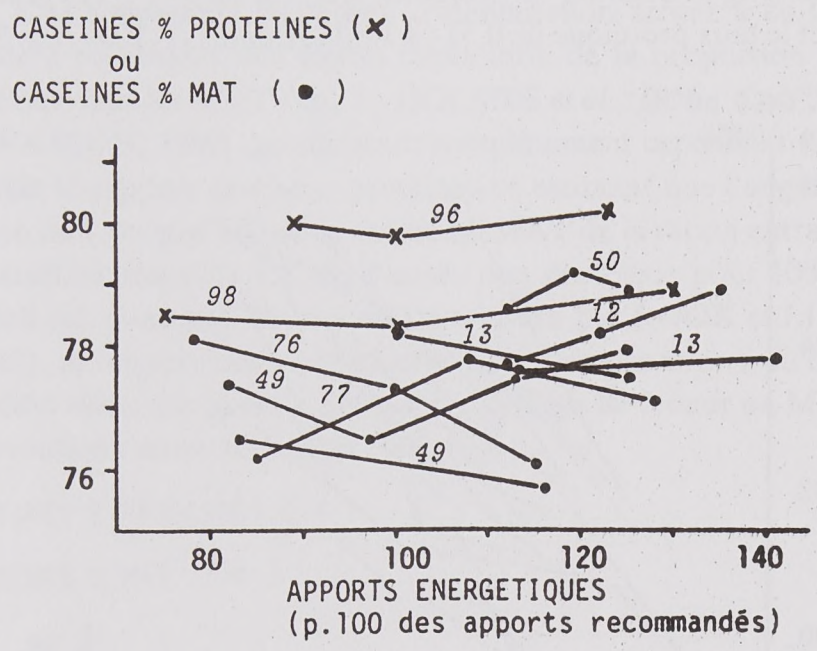


FIG. 6 : *Effet du niveau des apports énergétiques sur la proportion de caséine dans les protéines ou dans les matières azotées totales du lait*

Apport de matières grasses

La faible concentration des matières grasses dans la ration des vaches laitières (2 à 4 p.100) qui contraste avec celle élevée dans la sécrétion lactée (30 p.100 de la matière sèche) a conduit depuis longtemps de nombreux auteurs à essayer d'accroître la part des matières grasses dans la ration (cf. revue de AURIOL et JARRIGE, 1962). Cette motivation se trouve renforcée actuellement par l'extension des vaches à haut niveau de production laitière dont le déficit nutritionnel est élevé au début de la lactation, avec les conséquences que cela peut entraîner sur la production laitière, la santé et la reproduction des animaux.

Dans une étude bibliographique exhaustive, SECHIER (1983) conclut que l'incorporation de matières grasses dans la ration, quelles qu'en soient l'origine (suif ou matières grasses végétales) et la forme de présentation (huile ou graine) entraîne une diminution de la teneur du lait en protéines d'environ 3 p.100 (soit environ 1 g p.1000) en moyenne (tabl. 6).

Interprétation des effets de l'alimentation sur le taux protéique du lait

Modifications des quantités de nutriments absorbées

La physiologie digestive particulière du ruminant fait que l'alimentation énergétique et l'alimentation azotée sont largement interdépendantes et que chacune d'elles concourt à l'accroissement des apports énergétiques et azotés.

Conséquences de l'accroissement de l'apport azoté alimentaire

L'accroissement de l'apport azoté alimentaire a une double conséquence :

a) une augmentation de la quantité d'acides aminés arrivant dans l'intestin grêle puis absorbés, qui est due :

TABLEAU 6

Influence de l'incorporation de matières grasses dans la ration sur le taux protéique du lait
(Moyenne de 54 essais compilés par SECHIER, 1983)

Nature et forme d'incorporation de la matière grasse	Nombre d'essais	Incorporation dans la ration totale (p.100 M.S.)	Taux protéique du lait (% témoin)
Suif	19	4,1	96,6
Graines	21		97,8
Coton	7	11,7	96,6
Soja	9	13,2	98,2
Tournesol	5	8,6	96,5
Huiles	14		96,5
Coton	4	2,2	99,3
Soja	10	2,9	95,4
TOTAL et MOYENNE	**54**		**97,0**

- à la quantité plus élevée des protéines ingérées qui, échappant à la digestion microbienne, sont digérées dans l'intestin grêle (PDIA) ;

- à la quantité plus élevée de protéines microbiennes synthétisées (puis digérées), permise par l'accroissement de la quantité de matière organique digestible ingérée, résultat d'une digestibilité de la ration et de quantités ingérées plus grandes (tabl. 7 ; JOURNET *et al.,* 1983), en particulier avec des rations à base d'ensilage de maïs ;

b) une augmentation de la quantité d'énergie disponible pour la production due, comme on vient de le voir, à l'accroissement concomitant de la digestibilité de la matière organique et des quantités d'aliments ingérées (tabl. 7).

Ainsi, on peut estimer en moyenne que l'accroissement de 1 point p.100 de la teneur en MAT du régime par substitution de tourteau de soja à de l'orge dans une ration ingérée à raison de 18 kg de MS par jour accroît la quantité de PDI absorbée d'une centaine de grammes (dont 77 sont des PDIA), et celle d'énergie de 0,2 à 0,7 UFL (tabl. 7).

Conséquences de l'accroissement du niveau d'apport énergétique

L'accroissement du niveau des apports énergétiques augmente :

- la quantité de nutriments énergétiques absorbée : acides gras volatils et éventuellement glucose ; elle modifie aussi la proportion relative de ces produits terminaux de la digestion dans le sens d'une augmentation de la part de l'acide propionique et du glucose, par suite de l'accroissement du niveau d'ingestion et, dans la plupart des essais, de la quantité de céréales ingérée (ARMSTRONG et PRESCOTT, 1971) ;

- la quantité de PDI d'origine microbienne dont la synthèse est proportionnelle à la quantité de MOD ingérée (cf. ci avant). On peut estimer que l'augmentation du niveau énergétique de la ration d'1 UFL entraîne un accroissement des apports de PDI microbiennes d'environ 45 g.

Conclusion

L'accroissement du niveau des apports énergétiques ou azotés entraîne celui des quantités d'acides gras volatils (et plus particulièrement de l'acide propionique), de glucose et d'acides aminés absorbées. Il faut toutefois noter qu'en cas d'accroissement du niveau des apports azotés, le rapport PDI / UFL des nutriments apportés en plus (155 à 500 g selon les régimes ; tabl.7) est beaucoup plus élevé qu'en cas d'accroissement du niveau des apports énergétiques (45 g).

Conséquences sur le taux protéique et la sécrétion de protéines

Acides aminés

Dans tous les essais dans lesquels des protéines (presque toujours de la caséine) étaient infusées dans la caillette ou dans le duodénum, les quantités de protéines sécrétées dans le lait et le taux protéique du lait ont augmenté (de façon parfois non significative) ainsi qu'en général la quantité de lait sécrétée, malgré la faible durée des infusions (quelques jours) et le niveau parfois relativement élevé des apports azotés dans la ration (DERRIG *et al.,* 1974 ; CLARK *et al.,* 1974). On note que la proportion de l'azote supplémentaire qui est secrétée dans le lait par rapport à l'azote infusé est seulement d'environ 25 p.100 (tabl. 8) et que l'accroissement du taux protéique contibue pour environ 50 p.100 à celui de la quantité de protéines sécrétée, alors que dans les essais d'alimentation cette part n'excède pas 25 p.100.

Ces accroissements de quantités de lait et de protéines sécrétées semblent pouvoir être attribués à la plus grande quantité d'acides aminés disponibles par la mamelle, et à l'action de la sécrétion accrue d'hormone de croissance (BINES et HART, 1982) qui stimule la sécrétion de lactose mais de façon moindre celle de protéines quand le bilan énergétique des animaux est négatif (BAUMAN *et al.,* 1985). Il s'ensuit alors une diminution du taux protéique du lait par effet de « dilution ».

TABLEAU 7

Effet de l'enrichissement de la ration en azote, selon la nature de la ration de base, sur l'accroissement de la digestibilité de la ration, des quantités d'aliments ingérées, de l'apport d'énergie et de l'apport d'azote

Fourrage principal de la ration de base	Ensilage de maïs	Ensilage d'herbe	Foin et sous-produits
Digestibilité de la matière organique (dMO) :			
. Teneurs moyennes (p.100 MS) des lots les moins bien et les mieux pourvus en azote.	12,9-15,8	13,7-18,7	12,4-18,3
. Nombre de résultats (et auteurs).	8 (1)	6 (2)	7 (3)
. Accroissement de la dMO de la ration par point p.100 de MAT supplémentaire : moyenne (et écart-type)	0,90 (0,38)	0,57 (0,32)	0,35 (0,76)
Quantités d'aliments ingérées :			
. Teneurs moyennes (p.100 MS) des lots les moins bien et les mieux pourvus en azote.	13,0-16,6	13,9-16,3	12,6-16,7
. Nombre de résultats (et auteurs).	16 (4)	9 (5)	9 (6)
. Accroissement de la quantité de MS ingérée (kg) par point p.100 de MAT supplémentaire : moyenne (et écart-type).	0,44 (0,2[illegible])	0,32 (0,50)	0,08 (0,14)
Augmentation estimée (par jour, par vache, par point de MAT supplémentaire) de l'apport énergétique (UFL) :			
. due à l'accroissement de la dMO	0,29	0,18	0,11
. due à l'accroissement des quantités ingérées	0,40	0,29	0,07
TOTAL	**0,69**	**0,47**	**0,18**
de l'apport azoté (g PDI)			
. due à la substitution d'un aliment riche en azote à un aliment pauvre en azote.	77	77	77
. due à l'accroissement de la quantité de matière organique digestible ingérée.	30	20	7
TOTAL	**107**	**97**	**84**

D'après les données :
(1) : 21 - 64 - 70 - 87 - 113 - 117.
(2) : 37 - 38 - 60.
(3) : 20 - 44 - 79 - 84 - 112.
(4) : 3 - 18 - 21 - 32 - 55 - 63 - 64 - 69 - 70 - 72 - 92.
(5) : 11 - 24 - 37 - 38 - 65.
(6) : 20 - 27 - 44 - 110 - 111 - 112 - 121.

TABLEAU 8

Effet de l'infusion de protéines dans la caillette ou le duodénum sur l'augmentation de la quantité de lait et de protéines produites et sur celle du taux de matières azotées totales du lait

(Moyenne et écart-type) (1)

MAT % MS de la ration ingérée	N infusé		Variation pour 10 g d'N infusé		
	g/j	% de N total absorbé (2)	Lait (kg)	Matières azotées totales (N x 6,38) (g p.1000)	(g)
14,6	59	21	0,30	0,32	16,6
2,9	13	7	0,18	0,24	8,3

(1) D'après les données de : 17 - 22 - 81 - 93 - 99 - 100 - 119 - 122.

(2) Valeur estimée en considérant que ce qui est infusé est entièrement absorbé, et en adoptant des excrétions de matières azotées totales dans les fèces de 40 à 50 g par kg de MS ingérée, selon le taux azoté de la ration.

Acides gras volatils

ROOK et BALCH (1961) puis ROOK *et al.* (1965) ont montré, il y a plus de 20 ans, que les infusions d'acide acétique ou d'acide propionique dans le rumen accroissaient de façon semblable la quantité de protéines sécrétée dans le lait mais que seule l'infusion d'acide propionique accroissait le taux protéique du lait parce que, contrairement à celle d'acide acétique, elle ne modifiait pas, voire diminuait, la quantité de lait sécrétée. Cette action semble s'expliquer par l'effet stimulant du propionate sur la sécrétion de l'insuline (BINES et HART, 1982) qui directement (en stimulant la synthèse protéique) et indirectement (en limitant la néoglucogénèse à partir des acides aminés, entraînant ainsi une mise à disposition proportionnellement plus faible de glucose que d'acides aminés) accroît le taux de protéines du lait par un effet de « concentration ».

Glucose

Quand le glucose a été administré après le rumen, son effet a toujours été notablement inférieur à celui de la caséine (CLARK *et al.*, 1977 ; SPIRES *et al.*, 1975 ; VIK-MO *et al.*, 1974 ; ORSKOV *et al.*, 1977). Son effet sur le taux protéique du lait ou la quantité de protéines sécrétée a cependant été significatif (mais faible) dans 2 essais conduits par VIK-MO *et al.* (1974), contrairement à ce qu'avaient observé CLARK *et al.* (1974) et ORSKOV *et al.* (1977). Dans un article de synthèse, BINES et HART (1982) suggèrent que le propionate a une action beaucoup plus forte sur l'insulinémie que le glucose.

Acides gras à chaîne longue

Dans un article de synthèse, PALMQUIST et JENKINS (1980) citent les résultats de MOSER (1978) qui a observé une diminution du taux protéique du lait et de l'insulinémie chez des vaches dont le régime comportait des lipides protégés ; peut-être les 2 modifications sont-elles liées.

Liaisons entre les modifications alimentaires et la sécrétion des protéines dans le lait

Les conséquences de l'accroissement du niveau des apports énergétiques et azotés sur la sécrétion de lait et de protéines, et sur le taux protéique, résultent d'une part de l'accroissement de la quantité de nutriments absorbés et des modifications hormonales qu'ils induisent, et d'autre part de l'état nutritionnel et hormonal des vaches.

L'accroissement des apports azotés accroît, certes, la quantité d'acides aminés susceptible d'être utilisée par la mamelle dans la synthèse des protéines, mais aussi la sécrétion d'hormone de croissance dont on a rappelé précédemment les conséquences variables de l'apport exogène sur le taux protéique du lait selon le bilan énergétique des animaux : peut-être le bilan énergétique négatif (ou la quantité d'aliment ingérée réduite) entraîne-t'il une faible sécrétion d'insuline (BINES et HART, 1982) hormone dont on a vu auparavant les effets favorables (et donc en partie opposés à ceux de l'hormone de croissance) sur le taux protéique du lait. Cela expliquerait :

- l'effet plus important de l'accroissement des apports azotés alimentaires sur le taux protéique lorsque le régime est offert à volonté que lorsqu'il est limité (tabl. 3) ;

- l'effet variable (nul ou positif) sur le taux protéique du lait de l'accroissement des apports azotés alimentaires en début de lactation (tabl. 5), selon la perte de poids des animaux. La liaison entre le taux protéique du lait et le bilan énergétique (apprécié par la variation poids vif) dans les essais dont les expérimentateurs avaient fait varier le niveau des apports azotés alimentaires apparaît clairement dans la figure 7.

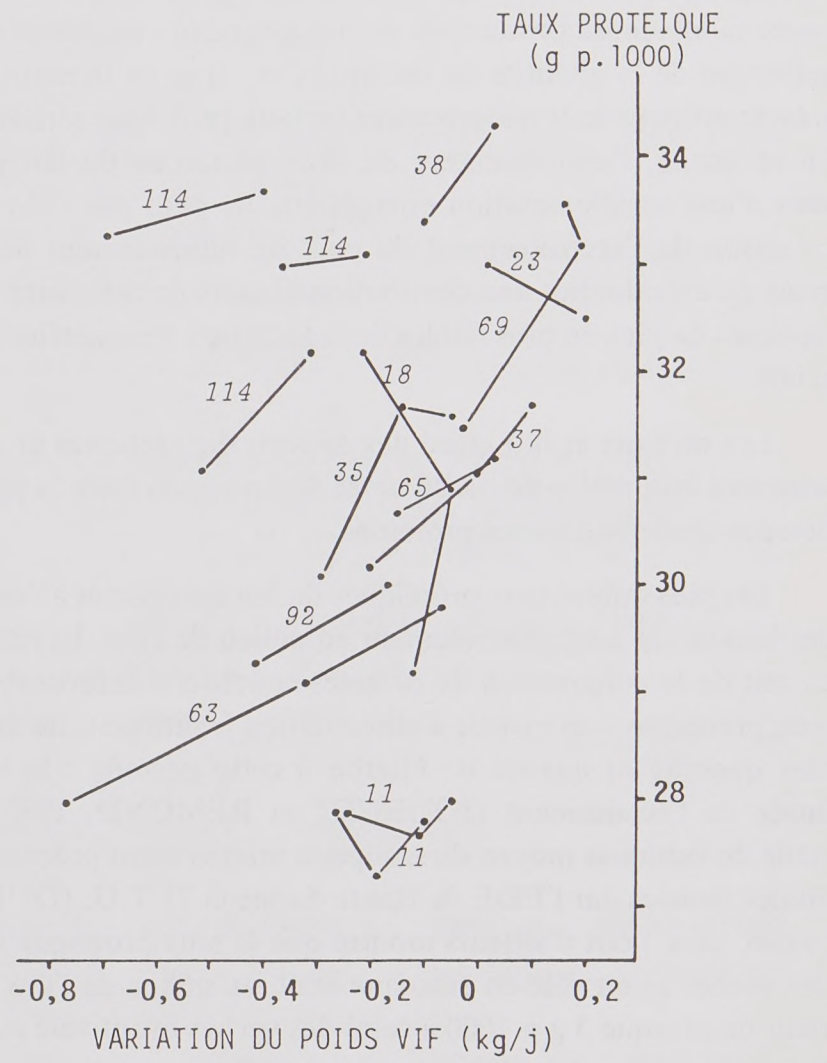


FIG. 7 : *Liaison entre la variation du poids vif et le taux protéique du lait*
(Essais dans lesquels différents niveaux d'apports alimentaires azotés étaient comparés).

L'accroissement des apports énergétiques provoque une augmentation relativement faible de l'apport d'acides aminés (cf. ci-avant). On peut donc penser que l'accroissement de la sécrétion d'insuline et surtout de son effet (concentration des protéines du lait) l'emporte sur celui de l'hormone de croissance (effet neutre ou de dilution des protéines), ce qui entraîne donc systématiquement une augmentation sensible du taux protéique du lait. Cet accroissement est encore amplifié lorsque, sous l'influence d'une proportion très élevée de céréales dans la ration, la proportion relative du propionate dans les acides gras volatils du rumen s'accroit fortement comme nous avons eu l'occasion de le constater (REMOND et JOURNET, 1971).

Conclusion

Bien que l'alimentation ait, sur le taux protéique du lait, une influence inférieure ou du même ordre de grandeur que d'autres facteurs (génotype et stade physiologique notamment), son importance pour l'éleveur et plus encore pour le transformateur laitier est plus grande car elle concerne souvent en même temps l'ensemble des vaches du troupeau, voire d'une région (cas de la sécheresse estivale, par exemple).

Sous l'influence du niveau des apports énergétiques et, dans une moindre mesure, des apports azotés, le taux protéique du lait varie dans le même sens que la quantité de lait produite. Pour l'éleveur, toutes choses égales par ailleurs (génotype, stade physiologique, saison...), un faible taux protéique du lait est associé à une production laitière réduite, ce qui résulte d'un niveau d'alimentation insuffisant. C'est donc en alimentant ses vaches, de façon proche des recommandations alimentaires, que l'éleveur assure la meilleure production de son troupeau - en raison essentiellement de la quantité de lait produite - tout en livrant un lait présentant pour le transformateur un taux protéique satisfaisant. En revanche, l'accroissement du taux protéique du lait par le biais d'une suralimentation énergétique ne peut pas s'envisager en raison de l'accroissement du coût de rationnement des animaux qu'entraînerait une distribution libérale de concentré et des réponses de plus en plus faibles de la sécrétion des protéines dans le lait.

Les niveaux et la nature des apports énergétiques et azotés semblent incapables de modifier de façon appréciable la proportion des caséines dans les protéines.

Les plus faibles taux protéiques du lait enregistrés à l'échelon des laiteries le sont généralement au milieu de l'été. Ils résultent en fait de la conjonction de diverses conditions défavorables au taux protéique : un niveau d'alimentation insuffisant, dû aux faibles quantité et qualité de l'herbe à cette période ; la longue durée de l'éclairement (JOURNET et REMOND, 1980) ; un stade de lactation moyen du troupeau relativement précoce. Des études menées par l'EDE de Haute-Saône et l'I.T.G. (DUBOIS, comm. pers.) ont d'ailleurs montré que le taux protéique du lait des vaches ayant vêlé en automne était, au milieu de l'été, supérieur de presque 3 g p.1000 à celui des vaches ayant vêlé au printemps.

Enfin, il faut garder à l'esprit que la grande majorité des expérimentations a été conduite avec des animaux de type Pie Noir, et que l'amplitude des variations aurait peut-être été différente avec des animaux de génotype différent.

Références bibliographiques

1 ARMSTRONG D.G., PRESCOTT J.H., 1971.
Amount, physical form and composition of feed and milk secretion in the dairy cow.
In : Lactation, édité par I. Falconer, Butterworths, Londres, p. 349-378.

2 AURIOL P., JARRIGE R., 1962.
Possibilités de modifier la composition du lait.
Int. Dairy Fed. Ann. Bull., 2, 1-39.

3 BARNEY D.J., GRIEVE D.G., MACLEOD G.K., YOUNG L.G., 1981.
Response of cows to dietary crude protein during mid lactation.
J. Dairy Sci., 64, 655-661.

4 BAUMAN D.E., EPPARD P.J., De GEETER M.J., LANZA G.M., 1985.
Responses of high-producing dairy cows to long-term treatment with pituitary somatotropin and recombinant somatotropin.
J. Dairy Sci., 68, 1352-1362.

5 BERTILSSON J., BURSTEDT E., 1983.
Effects of conservation method and stage of maturity upon the feeding value of forages to dairy cows. I. Forage intake and effects of concentrate/forage ratio.
Swedish J. agric. Res., 13, 189-200.

6 BINES J.A., HART I.C., 1982.
Metabolic limits to milk production, especially roles of growth hormone and insulin.
J. Dairy Sci., 65, 1375-1389.

7 BRODERICK G.A., LANE G.T., 1978.
Lactational, in vitro, and chemical evaluation of untreated and formaldehyde-treated casein supplements.
J. Dairy Sci., 61, 932-939.

8 BRODERICK G.A., SATTER L.D., HARPER A.E., 1974.
Use of plasma amino acid concentration to identify aminoacids for milk production.
J. Dairy Sci., 57, 1015-1023.

9 BRUN-BELLUT J., VIGNON B., BACHACOU J., MASSON J.P., 1982.
Variations des teneurs en A.N.P. et en urée du lait.
In : Dairy Sci. Abstr., 1983, 45, p.438.

10 BRUNNER J.R., 1981.
Cow milk proteins : Twenty-five years of progress.
J. Dairy Sci., 64, 1038-1054.

11 BUTLER T.M.,GLEESON P.A., MORGAN D.J., 1983.
Effect of supplement feeding level and crude protein content of the supplement on the performance of spring-calving dairy cows.
Ir. J. agric. Res., 22, 69-78.

12 CASTLE M.E., DRYSDALE A.D., WAITE R., 1961.
The effect of root feeding on the intake and production of dairy cows.
J. Dairy Res., 28, 67-74.

13 CASTLE M.E., MACLUSKY D.S., WAITE R., WATSON J.M., 1958.
The effect of level of concentrate feeding and type of roughage on milk production.
J. Dairy Res., 25, 365-372.

14 CASTLE M.E., WATSON J.N., 1969.
The effect of level of protein in silage on the intake and production of dairy cows.
J. Br. Grassld. Soc., 24, 187-192.

15 CATTIN-VIDAL P, 1984.
Evolution de la composition du lait, au cours des dernières années, à la production, d'après les données du contrôle laitier.
In : La composition chimique du lait et ses incidences technologiques. Journées organisées par l'INRA, l'ENSAR et l'INAPG à Rennes, les 26,27,28 Septembre 1984.

16 CLARK J.H., DAVIS C.L., HATFIELD E.E., 1974.
Effects of formaldehyde treated soybean meal on nutrient use milk yield and composition, and free amino acids in the lactating bovine.
J. Dairy Sci., 57, 1031-1036.

17 CLARK J.H., SPIRES H.R., DERRIG R.G., BENNINK M.R., 1977.
Milk production, nitrogen utilization and glucose synthesis in lactating cows infused post ruminally with sodium caseinate and glucose.
J. Nutr., 107, 631-644.

18 CLAYPOOL D.W., PANGBORN M.C., ADAMS H.P., 1980.
Effect of dietary protein on high-producing dairy cows in early lactation.
J. Dairy Sci., 63, 833-837.

19 COULON J.B., GAREL J.P., HODEN A., JOURNET M., LIENARD G., 1985.
Production laitière en zone de montagne : effets pluriannuels du type de ration hivernale et du niveau de complémentation.
Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 61, 31-48.

20 COWAN R.T., REID G.W., GREENHALGH J.F., TAIT C.A.G., 1981.
Effect of feeding level in late pregnancy and dietary protein concentration during early lactation on food intake, milk yield, liveweight change and nitrogen balance of cows.
J. Dairy Res., 48, 201-212.

21 CROOKER B.A., CLARK J.H., SHANKS R.D., 1983.
Effects of formaldehyde treated soybean meal on milk yield composition and nutrient digestibility in the dairy cow.
J. Dairy Sci., 66, 492-504.

22 DERRIG R.G., CLARK J.H., DAVIS C.L., 1974.
Effect of abomasal infusion of sodium caseinate on milk yield, nitrogen utilization and amino acid nutrition of the dairy cow.
J. Nutr., 104, 151-159.

23 DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., 1979.
Etude de la valeur azotée des ensilages d'herbe pour les vaches laitières.
Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 35, 45-52.

24 DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., 1980.
Etude de la valeur azotée d'ensilages d'herbe additionnés ou non d'acide formique pour les vaches laitières.
Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 40, 27-34.

25 DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1975.
Complémentation énergétique des rations à base d'ensilage d'herbe en cours de lactation.
Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 21, 31-40.

26 DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1976.
Complémentation énergétique d'une ration d'ensilage d'herbe en début de lactation pour vaches laitières.
Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 26, 29-34.

27 EDWARDS J.S., BARTLEY E.E., DAYTON A.D., 1980.
Effects of dietary protein concentration on lactating cows.
J. Dairy Sci., 63, 243-248.

28 EMERY R.S., 1978.
Feeding for increased milk protein.
J. Dairy Sci., 61, 825-828.

29 ERDMAN R.A., VANDERSALL J.H., 1983.
Effect of rumen protein degradability on milk yield of dairy cows in early lactation.
J. Dairy Sci., 66, 1873-1880.

30 FOLDAGER J., HUBER J.T., 1979.
Influence of protein percent and source on cows in early lactation.
J. Dairy Sci., 62, 954-964.

31 FOLMAN Y., NEUMARK H., KAIM M., KAUFMANN W., 1981.
Performance, rumen and blood metabolites in high-yielding cows fed varying protein percents and protected soybean.
J. Dairy Sci., 64, 759-768.

32 FORSTER R.J., GRIEVE D.G., BUCHANAN-SMITH J.G., MACLEOD G.K., 1983.
Effect of dietary protein degradability on cows in early lactation.
J. Dairy Sci., 66, 1653-1662.

33 GAJDOSIK D., SZABOOVA E., 1984.
Applicability of milk urea and acidity determination in the assessment of protein nutrition of cows.
In : Dairy Sci. Abstr., 1984, 46, 959 (Abstr.).

34 GARDNER R.W., PARK R.L., 1973.
Protein requirements of cows fed high concentrate rations.
J. Dairy Sci., 56, 390-394.

35 GORDON F.J., 1977.
The effect of protein content on the response of lactating cows to level of concentrate feeding.
Anim. Prod., 25, 181-191.

36 GORDON F.J., 1977.
The effect of three concentrate input levels on the performance of dairy cows calving during mid-winter.
Anim. Prod. 25, 373-379.

37 GORDON F.J., 1979.
The effect of protein content of the supplement for dairy cows with access ad libitum to high digestibility wilted grass silage.
Anim. Prod., 28, 183-189.

38 GORDON F.J., 1980.
The effect of silage type on the performance of lactating cows and the response to high levels of protein in the supplement.
Anim. Prod., 30, 29-37.

39 GORDON F.J., 1980.
The response of spring-calving cows to a high level of protein in the supplement given with grass silage during early lactation.
Anim. Prod., 30, 23-28.

40 GORDON F.J., 1984.
The effect of level of concentrate supplementation given with grass silage during the winter on the total lactation performance of autumn-calving dairy cows.
J. agric. Sci., Camb., 102, 163-179.

41 GORDON F.J., FORBES T.J., 1970.
The associative effect of level of energy and protein intake in the dairy cow.
J. Dairy Res., 37, 481-491.

42 GRANT D.R., PATEL P.R., 1980.
Changes of protein composition of milk by ratio of roughage to concentrate.
J. Dairy Sci., 63, 756-761.

43 GRUMMER R.R., CLARK J.H., 1982.
Effect of dietary nitrogen solubility on lactation performance and protein and dry matter degradation in situ.
J. Dairy Sci., 65, 1432-1444.

44 HA J.K., KENNELLY J.J., 1984.
Effect of protein on nutrient digestion and milk production by Hostein cows.
J. Dairy Sci., 67, 2302-2307.

45 HASSAN A., ROUSSEL J.D., 1975.
Effect of protein concentration in the diet on blood composition and productivity of lactating Holstein cows under thermal stress.
J. agric. Sci., Camb., 85, 409-415.

46 HERNANDEZ-URDANETA A., COPPOCK C.E., Mc DOWELL R.E., GIANOLA D., SMITH N.E., 1976.
Changes in forage-concentrate ratio of complete feeds for dairy cows.
J. Dairy Sci., 59, 695-707.

47 HIRONAKA R., KOZUB G.C., SLEN S.B., 1975.
Feed input and milk output of dairy cows fed five levels of grain.
Can. J. Anim. Sci., 55, 565-570.

48 HODEN A., COULON J.B., DULPHY J.P., 1985.
Influence de l'alimentaion sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique.
Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, à paraître.

49 HOLMES W., ARNOLD G.W., PROVAN A.L., 1960.
Bulk feeds for milk production. I. The influence of level of concentrate feeding in addition to silage and hay on milk yield and milk composition.
J. Dairy Res., 27, 191-204.

50 HOLMES W., WAITE R., Mac LUSKY D.S., WATSON J.M., 1956.
Winter feeding of dairy cows. I. The influence of level and source of protein and of the level of energy in the feed on milk yield and composition.
J. Dairy Res., 23, 1-12.

51 HUBER J.T., 1975.
Protein and non-protein nitrogen utilization in practical dairy rations.
J. Anim. Sci., 41, 954-961.

52 HUBER J.T., BOMAN R.L., 1966.
Effect of grain level and protein content of the grain for grazing cows on milk composition and yield, and certain blood and rumen constituents.
J. Dairy Sci., 49, 395-398.

52b HUBER J.T., THOMAS J.W., 1971.
Urea-treated corn silage in low protein rations for lactating cows.
J. Dairy Sci., 54, 224-230.

53 IDE Y., OGURA Y., YONEMURA T., 1966.
Observations on the levels of non-protein and urea nitrogen in serum and milk of cows.
In : Dairy Sci. Abstr., 1967, 29, 451.

54 JOURNET M., CHAMPREDON C., PION R., VERITE R., 1983.
Bases physiologiques de la nutrition azotée chez les vaches à forte production. Analyse critique des recommandations.
In : Métabolisme et nutrition azotés, 4ème Symposium International, Clermont-Ferrand (FRANCE), M. Arnal, R. Pion et D. Bonin éditeurs, p. 433-448.

55 JOURNET M., FAVERDIN P., REMOND B., VERITE R., 1983.
Niveau et qualité des apports azotés en début de lactation.
Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 51, 7-17.

56 JOURNET M., REMOND B., 1980.
Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache.
Le Lait, 60, 140-159.

57 JOURNET M., VERITE R., VIGNON B., 1975.
L'azote non protéique du lait : facteurs de variation.
Le Lait, 55, 212-223.

58 JUAREZ M., MARTINEZ-CASTRO I., RAMOS M., MARTIN-ALVAREZ P.J., 1979.
Composition of milk in Spain. 2. Ash, sodium, potassium and nitrogen fraction.
Milchwissenschaft, 34, 149-151.

59 KELLAWAY R.C., RANAWANA S.S.E., BUCHANAN J.H., SMART L.D.,, 1974.
The effect of nitrogen source in the diet on milk composition and amino-acid uptake by the udder.
J. Dairy Res., 41, 305-315.

60 KELLY M.C., THOMAS P.C., CHAMBERLAIN D.G., 1980.
The effect of dietary inclusions of protein on milk secretion and nitrogen retention in cows given silage-barley diets.
Proc. Nutr. Soc., 39, (3), 62A.

61 KROHN C.C., ANDERSEN P.E., 1980.
Different energy and protein levels for dairy cows in the early weeks of lactation.
Livest. Prod. Sci., 7, 555-568.

62 KROHN C.C., HVELPLUND T., ANDERSEN P.E., 1983.
The effect on performance of different energy concentrations in complete rations for first lactation cows before and after calving.
Livest. Prod. Sci., 10, 223-237.

63 KUNG L., HUBER J.T., 1983.
Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources and degradability.
J. Dairy Sci., 66, 227-234.

64 KWAN K., COPPOCK C.E., LAKE G.B., FETTMAN M.J., CHASE L.E., McDOWELL R.E., 1977.
Use of urea by early postpartum Holstein cows.
J. Dairy Sci., 60, 1706-1724.

65 LAIRD R., LEGGATE A.T., CASTLE M.E., 1979.
The effect of supplementary protein on the performance of dairy cows offered grass silage ad libitum.
Anim. Prod., 29, 151-156.

66 LAMB R.C., STODDARD G.E., MICKELSEN C.H., ANDERSON M.J., WALDO D.R., 1974.
Response to concentrates containing two percents of protein fed at four rates for complete lactations.
J. Dairy Sci., 57, 811-815.

67 LE DORE A., 1977.
Les fractions azotées du lait de vache : variations de leur concentration et de leur proportion relative en fonction des principales caractéristiques des animaux et du milieu.
Thèse Docteur Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.

68 LINDELL L., 1982.
Effects of different levels of protein to dairy cows.
Swedish J. agric. Res., 13, 47-59.

69 LUNDQUIST R.G., LINN J.G., OTTERBY D.E., 1983.
Influence of dietary energy and protein on yield and composition of milk from cows fed methionine hydroxy analog.
J. Dairy Sci., 66, 475-491.

70 MACLEOD G.K., GRIEVE D.G., McMILLAN I., SMITH G.S., 1984.
Effect of varying protein and energy densities in complete rations fed to cows in first lactation.
J. Dairy Sci., 67, 1421-1429.

71 MACLEOD G.K., GRIEVE D.G., McWILLAM I., 1983.
Performance of first lactation dairy cows fed complete rations of several ratios of forage to concentrate.
J. Dairy Sci., 66, 1668-1674.

72 MAJDOUB A., LANE G.T., AITCHISON T.E., 1978.
Milk production response to nitrogen solubility in dairy rations.
J. Dairy Sci., 61, 59-65.

73 MINSON D.J., 1981.
The effects of feeding protected and unprotected casein on the milk production of cows grazing ryegrass.
J. agric. Sci., Camb., 96, 239-241.

74 McDOWELL A.K.R., 1972.
Seasonal variations in the total nitrogen, non-protein nitrogen and urea nitrogen contents of Friesian and Jersey milk.
J. Dairy Res., 39, 27-33.

75 MOSER E.A., 1978.
Cité par PALMQUIST D.L. et JENKINS T.C., 1980.

76 NORDFELDT S., CLAESSON O., 1964.
Influence of various levels of roughage and concentrate and the effect of different planes of nutrition on milk production in dairy cows.
Lantbrukshogsk. Ann., 30, 517-545.

77 NORDFELDT S., RUUDVERE A., 1963.
Influence of various levels of roughage and concentrate and the effect of different planes of nutrition on milk production in dairy cows.
Lantbrukshogsk. Ann., 29, 345-393.

78 OLDENBROEK J.K., 1984.
Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and whites on two complete diets with a different amount of roughage : performance in first lactation.
Livest. Prod. Sci., 11, 401-415.

79 OLDHAM J.D., BROSTER N.H., NAPPER D.J., SIVITER J.W., 1979.
The effect of a low-protein ration on milk yield and plasma metabolite in Friesian heifers during early lactation.
Br. J. Nutr., 42, 149-162.

80 OLTNER R., WIKTORSSON H., 1983.
Urea concentrations in milk and blood as influenced by feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows.
Livest. Prod. Sci., 10, 457-467.

81 ORSKOV E.R., GRUBB D.A., KAY R.N., 1977.
Effect of postruminal glucose or protein supplementation on milk yield and composition in Friesian cows in early lactation and negative energy balance.
Br. J. Nutr., 38, 397-405.

82 ORSKOV E.R., REID G.W., Mc DONALD I., 1981.
The effects of protein degradability and food intake on milk yield and composition in cows in early lactation.
Br. J. Nutr., 45, 547-555.

83 PALMQUIST D.L., JENKINS T.C., 1980.
Fat in lactation : Review.
J. Dairy Sci., 63, 1-14.

84 PAQUAY R., GODEAU J.M., DEBAERE R., LOUSSE A., 1973.
The effects of the protein content of the diet on the performance of lactating cows.
J. Dairy Res., 40, 93-103.

85 PHIPPS R.H., BINES J.A., WELLER R.F., THOMAS J., 1984.
Complete diets for dairy cows : the effect of energy concentration and change in energy concentration of a complete diet on intake and performance of lactating dairy cows.
J. agric. Sci., Camb., 103, 323-331.

86 PIATKOWSKI B., VOIGT J., GIERSCHEWSKI H., 1981.
Einfluss des Rohproteiniveaus auf die Fruchtbarkeit und den Harnstoffgehalt in Korperflussigkeiten bei Hochleistungskuhen.
Arch. Tierernahr., 31, 497-504.

87 POLAN C.E., MILLER C.N., CHANDLER P.T., SANDY R.A., BOMAN R.L., 1970.
Interrelationships of urea, protein, and productive factors in lactating cows.
J. Dairy Sci., 53, 1578-1583.

88 REFSDAL A.O., 1984.
Urea in bulk milk as compared to the herd mean of urea in blood.
In : Dairy Sci. Abstr., 46, 630 (Abstr.).

89 REMOND B., JOURNET M., 1971.
Alimentation des vaches laitières avec des rations à forte proportion d'aliments concentrés. I. Quantités ingérées et production laitière.
Ann. Zootech., 20, 169-184.

90 REMOND B., JOURNET M., 1978.
Effet du niveau d'apport azoté à des vaches au début de la lactation sur la production laitière et l'utilisation de l'azote.
Ann. Zootech., 27, 139-158.

91 RODRIGUEZ D., MULLER L.D., SCHINGOETTE D.J., 1974.
Formaldehyde treated whey protein concentrate for lactating dairy cattle.
J. Dairy Sci., 57, 634 (Abstr.).

92 ROFFLER R.E., SATTER L.D., HARDIE A.R., TYLER W.J., 1978.
Influence of dietary protein concentration on milk production by dairy cattle during early lactation.
J. Dairy Sci., 61, 1422-1428.

93 ROGERS J.A., CLARK J.H., DRENDEL T.R., FAHEY JR G.C., 1984.
Milk production and nitrogen utilization by dairy cows infused postruminally with sodium caseinate, soybean meal, or cottonseed meal.
J. Dairy Sci., 67, 1928-1935.

94 ROOK J.A.F., BALCH C.C., 1961.
The effects of intraruminal infusions of acetic, propionic and butyric acids on the yield and composition of the milk of the cow.
Brit. J. Nutr., 15, 361-369.

95 ROOK J.A.F., BALCH C.C., JOHNSON V.W., 1965.
Further observations on the effects of intraruminal infusions of volatile fatty acids and of lactic acid on the yield and composition of the milk of the cow.
Brit. J. Nutr., 19, 93-99.

96 ROOK J.A.F., LINE C., 1961.
The effect of the plane of energy nutrition of the cow on the secretion in milk of the constituents of the solids-non-fat fraction and on the concentrations of certain blood-plasma constituents.
Brit. J. Nutr., 15, 109-119.

97 ROOK J.A.F., LINE C., 1962.
The influence of the level of dietary protein on the yield and chemical composition of milk.
16 th Intern. Dairy Congress (Copenhagen), Volume A, Section I : 1, 57-63.

98 ROOK J.A.F., LINE C., ROWLAND S.J., 1960.
The effect of the plane of energy nutrition of the cow during the late winter-feeding period on the changes in the solids-not-fat content of milk during the spring-grazing period.
J. Dairy Res., 27, 427-433.

99 RULQUIN H., 1982.
Effets sur la digestion et le métabolisme des vaches laitières d'infusions d'acides gras volatils dans le rumen et de caséinate dans le duodénum. I. Production et digestion.
Reprod. Nutr. Develop., 22, 905-921.

100 SCHWAB C.G., SATTER L.D., CLAY A.B., 1976.
Response of lactating dairy cows to abomasal infusion of amino acids.
J. Dairy Sci., 59, 1254-1270.

101 SECHIER P, 1983.
Utilisation d'aliments concentrés riches en matières grasses. Comparaison avec des aliments à base de céréales ou de sous-produits industriels cellulosiques.
Mémoire de fin d'études réalisé à la Station de Recherches sur la Vache Laitière (INRA), St Gilles, 35590 L'Hermitage.

102 SHAHANI K.M., SOMMER H.H., 1951.
The protein and non-protein nitrogen fraction in milk. II. Their content in fresh raw milk.
J. Dairy Sci., 34, 1010-1013.

103 SPIRES H.R., CLARK J.H., DERRIG R.G., DAVIS C.L., 1975.
Milk production and nitrogen utilization in response to postruminal infusion of sodium caseinate in lactating cows.
J. Nutr., 105, 1111-1121.

104 STEEN R.W.J. GORDON F.J., 1980.
The effect of level and system of concentrate allocation to january/february calving cows on total lactation performance.
Anim. Prod., 30, 39-51.

105 THOMAS J.W., 1971.
Protein requirements of milking cows.
J. Dairy Sci., 54, 1629-1636.

106 THOMAS P.C., 1980.
Influence of nutrition on the yield and content of protein in milk : dietary protein and energy supply.
Bulletin de la Fédération Internationale de Laiterie, Document 125, 142-151.

107 THOMAS P.C., 1983.
Milk protein.
Proc. Nutr. Soc., 42, 407-418.

108 THOMAS P.C., CHAMBERLAIN D.G., BELIBASAKIS N., 1980.
The effect of the concentration and type of protein in the diet on milk secretion and nitrogen retention in the goat.
Proc. Nutr. Soc., 39, 35A.

109 TREACHER R.J., LITTLE W., COLLIS K.A., STARK A.J., 1976.
The influence of dietary protein intake on milk production and blood composition of high-yielding dairy cows.
J. Dairy Res., 43, 357-369.

110 VAN HORN H.H., MARSHALL S.P., WILCOX C.J., RANDEL P.F., WING J.M., 1975.
Complete rations for dairy cattle. III. Evaluation of protein percent and quality, and citrus pulp-corn substitutions.
J. Dairy Sci., 58, 1101-1108.

111 VAN HORN H.H., OLALOKU E.A., FLORES J.R., MARSHALL S.P., BACHMAN K.C., 1976.
Complete rations for dairy cattle. VI. Percent protein required with soybean meal supplementation of low-fiber rations for lactating dairy cows.
J. Dairy Sci., 59, 902-906.

112 VAN HORN H.H., ZOMETA C.A., WILCOX C.J., MARSHALL S.P., HARRIS B., 1979.
Complete rations for dairy cattle. VIII. Effect of percent and source of protein on milk yield and ration digestibility.
J. Dairy Sci., 62, 1086-1093.

113 VERITE R., 1978.
Alimentation azotée des vaches laitières.
In : La vache laitière, Ed. INRA Publications, Route de St-Cyr, Versailles.

114 VERITE R., DULPHY J.P., JOURNET M., 1982.
Protein supplementation of silage diets for dairy cows.
In : Forage Protein Conservation and Utilisation. Proceedings of a Seminar held in Dublin, 15-18 September 1982. Edited by T.W. GRIFFITHS and M.F. MAGUIRE, p.175-192.

115 VERITE R., JOURNET M., 1977.
Utilisation des tourteaux traités au formol par les vaches laitières. II. Effets sur la production laitière du traitement des tourteaux et du niveau d'apport azoté au début de la lactation.
Ann. Zootech., 26, 183-205.

116 VERITE R., JOURNET M., REMOND B., 1979.
Energy supplementation of maize silage rations for dairy cows.
Proceedings of the First European Maize Congress, Euromais 1979, Cambridge, Grande Bretagne.

117 VERMOREL M., REMOND B., VERNET J., LIAMADIS D., 1982.
Utilization of body reserves by high-producing cows in early lactation effects of crude protein and amino acid supply.
In : Energy Metabolism of Farm Animals, Proceedings of the 9th Symposium held at Lillehammer, Norway. Edited by A. Ekern et F. Sundstol, p.18-21.

118 VIGNON B., LAURENT F., JOURNET M., 1978.
Variation de la teneur en azote non protéique et en urée du lait à la mise à l'herbe des vaches laitières.
Ann. Zootech., 27, 303-315.

119 VIK-MO L., EMERY R.S., HUBER J.T., 1974.
Milk protein production in cows abomasally infused with casein or glucose.
J. Dairy Sci., 57, 869-877.

120 WACHIRA J.D., SATTER L.D., BROOKE G.P., POPE A.L., 1974.
Evaluation of formaldehyde-treated protein for growing lambs and lactating cows.
J. Anim. Sci., 39, 796-807.

121 WARD G., DAYTON A.D., 1978.
Protein supplementation of an alfalfa hay-sorghum grain ration for cows in early lactation.
J. Dairy Sci., 61, 1579-1581.

122 WHITELAW F.G., MILNE J.S., ORSKOV E.R., SWITH J.S., 1985.
The effects of casein supplements given by abomasal infusion on the nitrogen and energy metabolism of lactating cows.
Proc. Nutr. Soc., 44, 44A.

123 WIKTORSSON H., 1971.
Studies on the effects of different levels of nutrition to dairy cows.
Swedish J. Agric. Res., 1, 83-103.

124 WOHLT J.E., CLARK J.H., 1978.
Nutritional value of urea versus preformed protein for ruminants. I. Lactation of dairy cows fed corn based diets containing supplemented nitrogen from urea and/or soybean meal.
J. Dairy Sci., 61, 902-915.

125 WOLFSCHOON-POMBO A., KLOSTERMEYER H., 1981.
Die NPN- Fraktion der Kuhmilch. I. Menge und Zusammensetzung.
Milchwissenschaft, 36, 598-600.

126 WOLFSCHOON-POMBO A., KLOSTERMEYER H., BUCHBERGER J., GRAML R., 1981.
Harnstoff in der NPN-Fraktion der Kuhmilch. Bestimmung, Vorkommen und Beeinflussung.
Milchwissenschaft, 36, 462-466.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 69-79.

Influence de l'alimentation sur la composition du lait
3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique (1)

A. HODEN*, J.-B. COULON** et J.-P. DULPHY***

** INRA St-Gilles, Station de Recherches sur la Vache laitière, 35590 L'Hermitage*
*** INRA-CRZV Theix, Laboratoire de la Lactation, 63122 Ceyrat*
**** INRA-CRZV Theix, Laboratoire des Aliments, 63122 Ceyrat*

Pour dégager l'influence spécifique des régimes alimentaires sur la composition du lait, les exposés précédents viennent de démontrer qu'il était indispensable de tenir compte de différents effets et en particulier de ceux liés à l'animal (génotype, stade physiologique, âge...) (BONAITI, 1985 ; JOURNET et CHILLIARD, 1985 ; REMOND, 1985).

C'est pourquoi nous tenterons d'estimer l'influence propre de chaque facteur alimentaire (type de rations et aliments) à partir d'essais ayant permis d'isoler au mieux les variations intrinsèques mais aussi les autres conditions de milieu (méthodes de conduite, traite, climat...). Dans la plupart des cas, nous nous sommes volontairement situés dans les conditions françaises plutôt que de réaliser une bibliographie plus exhaustive comportant de nombreux résultats étrangers obtenus dans des conditions trop différentes des nôtres (races, mode de conduite, proportion de concentrés...). Les données répertoriées proviennent donc essentiellement d'essais réalisés à l'INRA ou dans les installations expérimentales des instituts techniques (ITEB, ITCF), des départements (EDE, chambre d'agriculture) ou des établissements d'enseignement (lycées agricoles). Nous avons aussi tenu compte des revues antérieures réalisées sur le sujet et en particulier de celles de JARRIGE et JOURNET (1959), AURIOL et JARRIGE (1962) et REMOND (1978).

(1) Texte présenté lors des Journées INRA-ENSAR-INA PG sur la composition chimique du lait et ses incidences technologiques - Rennes, septembre 1984.

I. Fourrages conservés

1. Ensilage de maïs

Pour l'ensemble des résultats expérimentaux répertoriés (tabl. 1 et 2) portant sur un total de 69 lots de vaches contrôlées, soit près de 800 animaux, les taux butyreux et protéique obtenus avec des rations à base d'ensilage de maïs sont en moyenne de 39,8 et 31,1 g p.1000 respectivement. Les vaches étaient essentiellement de type Pie-Noir (90 p.100) et recevaient une complémentation normale (15 à 30 p.100 de concentré dans la ration totale) pour des niveaux de production supérieurs à 20 kg de lait. Avec des rations mixtes comportant de l'ensilage de maïs associé à du foin ou à de l'ensilage d'herbe (25 à 35 p.100 de ration de base), les taux sont généralement peu modifiés (tabl. 2).

A partir des comparaisons expérimentales (tabl. 2) et de l'étude de A. LE DORE (1977) effectuée sur 5 régimes dans 9 domaines de l'INRA (REMOND, 1978), il est possible d'estimer l'influence spécifique des rations à base d'ensilage de maïs sur la composition du lait. Toutes conditions étant égales par ailleurs (race, stade de lactation, saison...), les ensilages de maïs permettent de produire un lait plus riche en matières grasses de 3 à 4 points par rapport aux rations de foins et d'ensilages d'herbe. Les taux protéiques sont également supérieurs (+ 1 à 2 points) et attribuables pour partie au niveau des apports énergétiques généralement plus élevé avec ce type de ration (REMOND, 1985).

TABLEAU 1

Résultats expérimentaux de production et composition du lait selon les types de régimes

Types de régimes	Nombre de données / Références	Caractéristiques essais et animaux	Quantités ingérées (kg MS)			Performances		
			Ration de base	Ration totale p. 100 PV	Concentré p. 100 MST	Lait kg	Taux butyreux g p. 1000	Taux protéines g p. 1000
ENSILAGE DE MAIS	45 lots expérimentaux INRA (1)	8-12 vaches par lot HF - 0 à 3 mois lact. durée : 6 à 13 sem.	13,2 ± 1,9	2,89 ± 0,27	24,5 ± 7,8	22,1 ± 4,7	39,6 ± 1,9	31,2 ± 1,0
	10 lots expérimentaux ITEB-EDE ITCF - 83124 -	5 années 12 à 16 vaches par lot HF - Durée : 125 à 300 j	11,8	2,5	28	24,8	39,1	30,9
ENSILAGE D'HERBE	30 lots expérimentaux INRA (2)	8-12 vaches par lot HFXFF.MO - 2e mois lact. durée : 7 à 13 sem.	11,2 ± 2,0	2,63 ± 0,26	27,3 ± 6,7	20,1 ± 3,4	37,2 ± 2,1	30,6 ± 1,0
FOINS	13 lots expérimentaux INRA (3)	7-9 vaches par lot HFXFF - 0 à 3 mois lact. Durée : 6 à 12 sem.	12,1 ± 1,4	2,92 ± 0,18	31,8 ± 8,1	22,8 ± 4,3	36,8 ± 1,9	31,2 ± 1,5
ENSILAGE HERBE + FOIN	12 lots expérimentaux INRA (4)	8-13 vaches par lot HFXFF.MO - 2e à 3e mois lact. Durée : 7 à 12 sem. - 30 à 70 p. 100 foin dans ration base	10,4 ± 1,1	2,70 ± 1,53	31,0 ± 4,3	18,4 ± 2,8	36,1 ± 1,4	29,7 ± 1,2

Références bibliographiques (numéros) :

(1) = 23-24-25-26-27-42-43-51-52-57-64-65-66-67-68-69-70-71.
(2) = 10-12-14-15-16-17-19-72.
(3) = 2-10-15.
(4) = 14-17-19

Cet effet positif des rations d'ensilage de maïs sur le taux butyreux malgré la présence d'environ 45 p.100 de grains dans la plante entière peut être relié aux modifications d'orientations fermentaires dans le rumen (augmentation de l'acide butyrique) et à la richesse en lipides du maïs (JOURNET et CHILLIARD, 1985).

2. Foins et ensilages d'herbe

a) Comparaison entre foin et ensilage d'herbe

Des comparaisons antérieures (MERILL et SLACK, 1965 ; JARRIGE et JOURNET, 1959 ; AURIOL et JARRIGE, 1962 ; LABADIE, 1969) réalisées principalement avec des foins et des ensilages de luzerne, il ressort que ces 2 types de rations ont le même effet sur le taux butyreux. Les études plus récentes effectuées en Europe avec des rations à base de foin et d'ensilage de graminées ou de leur association vont dans le même sens (tabl. 3). Ainsi, à quantités d'éléments nutritifs égales, les différences de taux butyreux entre les laits produits à partir de ces rations sont réduites et non systématiques (+ 0,4 point en faveur de l'ensilage). De même, l'étude de A. LE DORE (1977) ainsi que les résultats obtenus pendant 6 années consécutives à l'INRA de Marcenat (15) confirment ces observations (COULON *et al.*, 1985).

Les taux de protéines semblent par contre légèrement plus élevés avec les rations à base de foin (+ 0,5 point, tabl. 3). De même, à Marcenat l'écart a été de 0,6 point ($P < 0,01$) et a atteint 1,2 point ($P < 0,01$) dans l'étude de A. LE DORE. Cet effet doit être attribué : 1) au niveau des apports énergétiques plus faible avec l'ensilage (cas de Marcenat), et 2) aux produits préformés de l'ensilage (acide acétique) plus favorables à la production de lait (meilleure valeur laitière) qui entrainent un effet de dilution (JOURNET et DULPHY, 1973 ; JOURNET et CHILLIARD, 1985) au niveau de la composition du lait.

L'essai de Marcenat illustre bien en outre l'influence du niveau d'alimentation avec ces types de rations puisque les vaches ayant reçu le niveau haut de concentré (+ 1,5 kg environ) (COULON *et al.*, 1985) ont produit, surtout en fin d'hiver, un lait significativement plus riche en matières grasses et azotées (+ 0,9 et + 1,1 point respectivement) par rapport au niveau bas.

b) Influence des techniques de fabrication des ensilages

En général (tabl. 4), le ressuyage et le préfanage ne modifient pas les taux de matières grasses et de protéines du lait (WILKINS, 1983). Le taux butyreux peut cependant parfois être augmenté (ITEB, ITCF, EDE, 1980) ou nettement diminué par le préfanage, si celui-ci entraine une forte baisse de la valeur du fourrage (DULPHY *et al.*, 1984b). La finesse de hachage semble aussi n'avoir qu'un très faible effet favorable sur le taux butyreux (+ 0,5 et + 0,7 g p.1000) (DULPHY *et al.*, 1983 ; ITEB, ITCF,

EDE, 1978). Seule l'amélioration de la qualité de conservation par adjonction d'un conservateur efficace aurait un léger effet positif (DULPHY et LIENARD, 1981) sur les taux de matières grasses et de protéines du lait (+ 0,8 et + 0,4 point respectivement). La même observation a été faite dans les études menées à la ferme expérimentale des Trinottières (ITEB, 1978). Ce phénomène ne semble cependant pas se vérifier avec les ensilages ressuyés (DULPHY *et al.*, 1984a).

II. Pâturage

1. Mise à l'herbe

Les variations de composition du lait à la mise à l'herbe dépendent de l'animal (race, stade, niveau de production...), du régime hivernal, de la nature de l'espèce ou variété pâturée mais sont aussi fortement influencées par les conditions climatiques (température, pluviométrie) observées à cette période.

Avec les régimes à base de foin et / ou d'ensilage d'herbe, il est classique d'observer en fin d'hiver des taux butyreux et azotés relativement faibles. Dans ces conditions, la mise à l'herbe effectuée de façon progressive (2 à 3 semaines de transition) provoque un accroissement des productions et de la composition du lait. Ainsi, à Marcenat (tabl. 5), les augmentations observées en moyenne au cours de 6 années ont été significatives (+ 0,9 kg de lait et + 2,3 à 3,5 points des taux butyreux et azotés respectivement). Par ailleurs, sous l'effet de la mise à l'herbe, des interactions importantes ont été observées pour les facteurs régime (foin vs ensilage), niveau de concentré (bas vs haut), race (FF vs MO) et stade de lactation (vêlages de novembre vs février) pour les variables les plus influencées par le niveau d'alimentation (lait et taux azoté). D'une manière générale, ces paramètres ont été d'autant plus améliorés par la mise au pâturage qu'ils étaient faibles durant la période hivernale (COULON *et al.*, 1985).

Avec des régimes à base d'ensilage de maïs permettant un niveau d'apports nutritifs plus élevé et un maintien du taux butyreux, nous observons généralement à la mise à l'herbe une dimi-

TABLEAU 2

Utilisation comparée de l'ensilage de maïs (EM) et de l'ensilage d'herbe (EH) et de leur association

Auteurs Références	Conditions essais	Traitements	Quantités ingérées (kg MS)			Performances		
			Ration de base	Ration totale p. 100 PV	Concentré p. 100 MST	Lait kg	Taux butyreux p. 1000	Taux azoté ou protéines* p. 1000
PARRASSIN et al. (1982)	5 essais 7 à 18 semaines 120 MO	EM ad lib	13,21	2,85	18,6	20,0	40,0	31,1*
		EH ad lib	11,67	2,77	26,6	20,2	37,7	30,8*
VERITE, JOURNET (1971)	18 FF 17 semaines	EM limité + 2,3 bett.	9,96	2,45	30,0	16,1	39,1	34,3
		EH ad lib + 2,3 bett.	10,88	2,68	28,0 + agglo	17,8	39,1	30,9
HODEN, JOURNET (1971)	20 FF 11 semaines	EM ad lib + luz. déshy	15,4	2,93	56	15,8	36,7	31,9
		EH ad lib + luz. déshy	16,4	3,16	65	16,2	34,9	30,3
ITEB - EDE (29) (1984) -84011-	2 essais 56 HF 3 mois	EM ad lib	14,8	3,31	23	23,4	41,9	-
		EH ad lib	11,1	2,85	31	21,8	38,3	-
ITEB - EDE (29+44) (1980) -80116-	3 essais 13 à 17 semaines 62 HF	EM ad lib	14,3	3,08	20	20,7	42,1	-
		Mixte EM	7,5	2,98	22	21,2	42,2	-
		Mixte + EH	+ 5,6					
ITEB - EDE (22) (1982) -82033-	30 HF 13 semaines	EM ad lib	11,6	2,69	24	19,3	41,5	-
		Mixte EM	7,6	2,52	25	19,7	39,2	-
		Mixte + EH	+ 3,1					
ITEB - EDE (38) (1983) -83121-	32 MO 13 semaines	EM ad lib	10,7	2,45	28	15,0	50,3	36,4
		Mixte EM	7,2	2,56	32	15,3	47,9	34,4
		Mixte + E. luzerne	+ 2,8					

TABLEAU 3

Influence du type de ration sur la composition du lait
Comparaison entre le foin et l'ensilage d'herbe

Auteurs	Conditions expérimentales*	Traitements*	Quantités ingérées (kg MS)			Performances		
			Ration de base	Ration totale p. 100 PV	Concentré p. 100 MST	Lait kg	Taux butyreux p. 1 000	Taux protéines p. 1 000 ( )
DULPHY et DEMARQUILLY (1972)	2 essais 16 FF + MO 7 semaines	EH (d) Foin	10,2 11,7	2,35 2,75	29,0 26,5	17,8 16,9	34,1 35,5	(32,3) (35,3)
DULPHY (1984)	16 HF X FF 7 semaines	EH (c) Foin	14,1 14,9	3,00 3,10	23,8 22,4	25,8 a 23,9 b	35,6 36,1	30,5 31,4
NICKS et al. (1979)	12 PR 4 semaines quantités limitées	EH (d) EH (2/3) + Foin (1/3) Foin				18,1 17,9 17,9	37,1 37,4 37,0	32,8 31,6 32,0
DE BRABANDER et al. (1975)	15 FF + PR 18 semaines	EH (d) Foin	8,3 11,2	2,10 2,30	28,0 10,0	9,9 9,9	37,0 37,0	29,0 31,0
ROFFLER et al. (1967)	3 essais 12 HF 6 semaines	EH (d) Foin	14,1 12,4	3,00 2,80	23,3 28,0	18,0 17,3	37,2 35,5	(36,2) (35,9)
BERTILSSON et BURSTED (1983)	14 PR 25 semaines	EH (d) Foin	11,6 11,8	3,02 3,21	35,5 36,5	25,4 24,1	42,3 42,2	33,9 33,9
	16 PR 25 semaines	EH(d) + Foin (4 kg) Foin	11,8 12,3	3,58 3,47	38,5 39,0	25,6 26,3	43,9 43,0	34,8 34,8
DULPHY et DEMARQUILLY (1971)	2 essais 28 FF + MO 14 semaines	EH (d ou p) EH (d ou p) + Foin (4 kg)	8,2 8,7	2,45 2,55	40,5 37,5	13,1 13,0	37,2 37,4	33,6 33,8

Dans tous ces essais (sauf chez DE BRABANDER et al., 1979), le foin et l'ensilage provenaient du même fourrage vert. Il s'agissait de graminées ou de prairie naturelle sauf chez ROFFLER et al. (1979) (luzerne + foin).

* d = coupe directe - p = préfanage - c = adjonction d'un conservateur - PR = pie rouge - ( ) taux azoté.

TABLEAU 4

Influence des techniques de fabrication des ensilages d'herbe sur la composition du lait

Traitements	Auteurs Références	Nombre comparaisons	Traitements	Quantités ingérées (kg MS)			Performances		
				Ration de base	Ration totale p. 100 PV	Concentré p. 100 MST	Lait kg	Taux butyreux p. 1000	Taux protéines p. 1000
CONSERVATEUR	DULPHY et LIENARD (1981)	10	SANS AVEC	9,0 10,0	2,58 2,71	36 32	18,3 19,0	39,8 40,6	30,5 30,9
	ITEB (1978) -78101-	6	SANS AVEC	9,7 10,3	2,44 2,54	32 31	17,8 19,1	41,3 42,8	30,2 30,3
RESSUYAGE ET PREFANAGE	WILKINS (1983)	6	DIRECT PREFANE	9,8 9,9	2,55 2,55	36 36	23,1 22,4	42,3 42,4	31,0 31,3
	ITEB, ITCF, EDE (49) (1980) -80121-	1	DIRECT RESSUYE	11,4 12,2	2,22 2,28	24 23	22,3 22,2	40,0 41,5	30,7 30,8
FINESSE DE HACHAGE	(1)	11	BRINS LONGS (84 ± 37 mm) BRINS COURTS (18 ± 7 mm)	10,6 11,0	2,7 2,7	26 24	17,9 17,7	37,2 37,7	29,8 29,7
	ITEB, ITCF, EDE (49) (1978) -78101-	2	BRINS LONGS BRINS COURTS	8,7 10,0	2,4 2,6	33 29	15,8 16,0	39,5 40,2	29,0 (1 essai) 29,6

(1) Références bibliographiques n° 5-19-20.

TABLEAU 5

Influence de la mise à l'herbe sur la composition du lait
- Résultats INRA, non publiés* -

Lieux Années	Effectif Race	Année Régime	Référence hiver = P1				Régime 100 p. 100 herbe = P2 Δ = P2 - P1 = 6 à 7 semaines			
			Lait (kg)	Taux (p. 1 000) butyreux	Taux (p. 1 000) protéines TA	Matières grasses (g)	Lait (kg)	Taux (p. 1 000) butyreux	Taux (p. 1 000) azoté	Matières grasses (g)
MARCENAT 6 ans	32 à 42 par an ½ FF ½ MO	1975 à 1980 Foin ou EH ou F + EH	15,1 (14,7 à 15,8)	36,3 (34,1 à 38,5)	30,7 (30,4 à 31,3	548 (507 à 608)	0,9 (0,4 à 1,3)	2,3 (2,0 à 2,9)	3,5 (3,1 à 4,1)	70 (53 à 86)
LE PIN ELEVAGE 3 ans	36 à 43 par an FF dominant + NO	EM + EH + pulpes 1982	18,1	39,7	31,4	719	0,3	- 1,9	1,5	- 23
		EM + EH + pulpes 1983	20,4	39,8	28,7	812	- 2,4	1,2	1,3	- 74
		EM + EH + pulpes 1984	24,5	43,6	29,7	1 068	- 0,3	- 1,5	0,9	- 49
LUSIGNAN 3 ans	20 à 30 par an HF	EM + EH ou Luz. 1982	22,7	41,1	29,5	933	- 1,4	- 1,3	0,4	- 85
		EM + EH ou Luz. 1983	23,3	42,4	31,0	988	- 2,4	- 1,1	0,8	- 125
		EM + EH ou Luz. 1984	22,3	40,3	31,4	899	- 0,8	- 1,6	- 0,1	- 67
RENNES MEJUSSAUME 2 ans	46 par an HF	EM 1983	27,3	41,0	30,7	1 119	- 3,3	- 1,6	- 0,2	- 173
		EM 1984	28,6	42,4	31,3	1 213	0,4	- 5,3	- 1,1	- 130
RENNES CHAMPEAUX 2 ans	44 par an HF	EM + EH 1983	22,0	38,7	30,5	851	- 2,5	2,7	1,3	- 44
		EM + EH 1984	21,8	40,3	30,6	879	0,7	- 2,6	1,4	- 31
		EM + sous-produits 1983	22,7	36,1	29,8	819	- 3,0	1,5	1,2	- 78
		EM + sous-produits 1984	24,5	39,6	31,3	970	- 0,5	- 3,1	0,4	- 94
THEIX 6 ans	10 essais 30 à 50 par an HF	EM 1971 à 1976	16,6	39,8	32,8 TA	661	1,0 (- 1,7 à + 3,1)	1,6 (- 5,1 à + 2,6)	1,3 (- 1,3 à 0 + 2,1)	68
MIRECOURT 4 ans	30 à 40 par an MO	1978 EH	13,6	35,4	29,2	481	2,5	1,4	5,5	66
		1978 EM + EH (1)	14,8	37,5	29,3	555	1,6	- 0,7	4,4	48
		1979 EH	15,9	41,1	31,1	653	2,1	- 6,0	1,7	- 21
		1979 EM + EH (1)	15,3	44,2	31,9	676	2,2	- 9,3	1,6	- 81
		1980 (2) EH	18,0	39,3	30,9	707	1,7	- 3,4	3,1	0
		1980 (2) EM	18,0	40,7	32,1	733	1,2	- 4,9	0,9	- 46
		1981 ½ EM + ½ EH	20,7	36,9	30,3	764	0,7	0,5	3,7	15

* Résultats communiqués par J.-P. GAREL (MARCENAT), A. MULLER, J.R. PECATTE, M. FARGETTON (LE PIN), L. HUGUET, A. MOURGUET (LUSIGNAN), B. MARQUIS (RENNES), P.R. PARRASSIN (MIRECOURT). Les données de THEIX sont issues du mémoire de D. RIBAULT (1977).

(1) 2/3 EM + 1/3 EH (2) 1/2 EM + 1/2 EH.

nution de la production laitière et de la teneur en matières grasses, tout au moins avec des vaches Holstein produisant plus de 20 kg de lait. Ceci s'est pratiquement vérifié durant les 3 dernières saisons (1982 à 1984) pour les 4 troupeaux INRA répertoriés au tableau 5 (- 1,3 kg lait et - 1,2 point de taux butyreux pour 12 troupeaux-années). Globalement, la production de matières grasses a ainsi été plus faible de 80 g, soit de 8,5 p.100 par rapport aux 3 dernières semaines hivernales (intervalle moyen de 6 semaines compte tenu de la transition). Pour les vaches Montbéliardes, mais représentées uniquement par le troupeau de Mirecourt, il semble que la production laitière soit améliorée (+ 1,7 kg en moyenne) pour des niveaux de production de l'ordre de 15 à 20 kg de lait (6e mois de lactation). Les taux butyreux semblent en revanche affectés dès lors qu'ils se situent à des valeurs au moins égales à 40 g p.1000 quel que soit le régime.

Toutes ces variations sont fortement influencées par les facteurs climatiques. Ainsi, pour l'année 1983 (tabl. 5), très pluvieuse à cette période, la production laitière a diminué fortement (- 2,5 à - 3 kg lait) lors de la mise à l'herbe. Ceci s'est traduit généralement par un effet de concentration sensible du taux butyreux mais pas de façon systématique selon la localisation des stations.

Les taux de protéines du lait ont en revanche été améliorés (+ 1,8 point en moyenne) dans pratiquement tous les cas alors qu'il n'en a pas été de même pour la production laitière. Ceci montre qu'il se s'agit pas uniquement d'une influence des apports nutritifs (énergétiques) mais aussi de modifications fermentaires au niveau du rumen (REMOND, 1985).

En conclusion, il semble qu'en année normale, les variations de la composition du lait à la mise à l'herbe soient en relation inverse avec les taux observés en fin de période hivernale quel que soit le régime utilisé. Ainsi, pour des taux butyreux faibles (35 à 37 g p.1000), le pâturage aura vraisemblablement un effet positif sur cette variable tandis qu'avec des teneurs égales ou supérieures à 40 g p.1000 en fin d'hiver, son action risque d'être peu perceptible voire même nulle ou négative (fig. 1).

2. Espèce botanique ou variété pâturée

L'espèce botanique pâturée influence la quantité de lait et sa composition. Ainsi, JARRIGE et JOURNET (1959), DEMARQUILLY (1963), HUGUET *et al.* (1969) ont observé que le taux butyreux était plus élevé (mais la production laitière plus faible) avec un pâturage de dactyle associé ou non à une légumineuse (trèfle ou luzerne) comparativement à un pâturage à base de ray-grass anglais. Ces observations se confirment par des résultats plus récents (INRA - Lusignan et Rennes, non publiés) obtenus avec d'autres espèces botaniques et de nouvelles variétés et des vaches d'un niveau de production plus élevé. Ainsi, en passant d'un pâturage à base de ray-grass (ou d'autres graminées de caractéristiques semblables : ingestibilité, digestibilité, teneur en glucides solubles...) à une parcelle de dactyle, il faut s'attendre à une diminution plus rapide de la production laitière (de 1 à 2 kg) compensée par un accroissement du taux butyreux (2 points environ). Ces perturbations sont en général brutales puisque 80 p.100 de celles-ci se produisent dans les 2 jours suivant le changement.

L'ensemble de ces fluctuations peut s'expliquer par les différences d'orientations fermentaires au niveau du rumen mais aussi probablement par la plus ou moins grande dilution des matières grasses sécrétées dans le volume de lait produit (JOURNET et CHILLIARD, 1985).

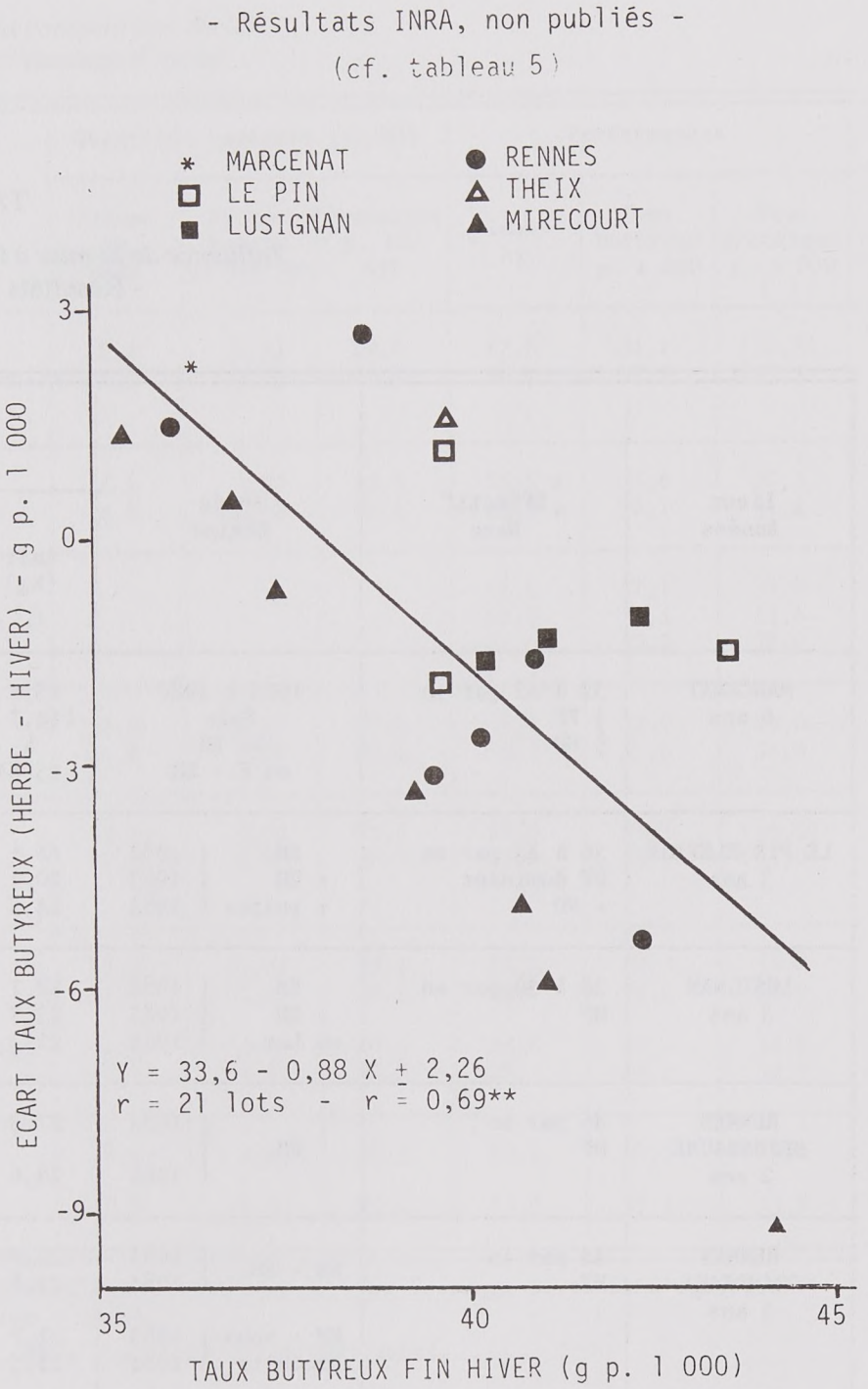


FIG. 1 : *Variations du taux butyreux lors de la mise à l'herbe*

III. Aliments complémentaires

1. Betteraves

Un apport de betteraves ne dépassant pas les limites d'environ 5 kg MS par jour (25 à 30 p.100 de la ration totale) ne modifie généralement que très peu le taux butyreux (REMOND, 1978). Il peut cependant être amélioré (d'environ 2 points en moyenne) avec des rations à base de foins avec ou sans ensilages d'herbe pour lesquelles les taux butyreux étaient faibles. C'est ainsi que les éleveurs des zones à emmental de l'Est central ont généralement observé un accroissement plus ou moins net du taux butyreux avec l'apport de betteraves (ITEB, ITG, 1977 ; ITEB, EDE, 1979 ; MOREL D'ARLEUX, 1983). Ceci est essentiellement dû à une modification des orientations fermentaires au niveau du rumen (JOURNET et CHILLIARD, 1985). Les taux de protéines du lait sont aussi généralement améliorés mais en raison de l'élévation du niveau d'apport énergétique (REMOND, 1985).

L'augmentation de ces taux peut aussi être la conséquence de la diminution plus rapide de la production laitière en particulier lorsque les quantités de betteraves deviennent importantes

(>5 kg MS). Par ailleurs, les betteraves apportées en quantités élevées modifient la composition en acides gras du lait (augmentation des acides gras à chaîne courte) par suite des modifications d'orientations fermentaires dans le rumen qu'elles entraînent et de leur faible teneur en matières grasses (environ 0,5 p.100 de la MS).

2. Pulpes de betteraves

Les pulpes de betteraves ne modifient pas de façon sensible le taux butyreux des régimes à base de foin ou d'ensilage d'herbe sauf lorsqu'elles remplacent une proportion importante des céréales de la ration (REMOND, 1978). Dans ce cas, l'accroissement de la teneur moyenne en matières grasses du lait a pu atteindre 1,4 point dans les 18 comparaisons présentées par JOURNET et CHILLIARD (1985). A l'inverse, avec des rations telles que l'ensilage de maïs permettant normalement des taux butyreux élevés, l'apport de pulpes n'accroît pas ou diminue le taux butyreux lorsqu'elles remplacent une partie importante du maïs (QUEMERE et PFLIMLIN, 1973). La valeur laitière de la ration a par contre été améliorée. Les pulpes sèches utilisées comme aliment concentré avec ce même régime n'ont en revanche pas provoqué de variations du taux butyreux comparativement aux complémentations isoénergétiques réalisées avec des céréales ou du son (VERITE et DULPHY, 1981). Tous ces phénomènes sont à relier à la production élevée d'acide acétique à laquelle donne lieu la digestion des pulpes dans le rumen (JOURNET et CHILLIARD, 1985).

3. Lactosérum

L'introduction de lactosérum (tabl. 6) dans les rations pour vaches laitières (de l'ordre de 12 à 30 p.100 de la MS totale) entraîne d'une manière assez systématique une augmentation importante du taux butyreux. Celle-ci atteint 6 à 8 points avec les rations très riches en aliment concentré (SCHINGOETHE *et al.*, 1973 ; PINCHASOV *et al.*, 1982) ; elle reste moins élevée (+ 1,6 à + 5,8 points) dans le cas de rations plus classiques à base d'ensilages de maïs ou d'herbe et de foin (ANDERSON *et al.*, 1974 ; REMOND *et al.*, 1978 ; COULON *et al.*, 1979 ; ITEB, 1984). Cet

TABLEAU 6

Influence de la distribution de lactosérum sur la composition du lait

Références	Caractéristiques des essais	Traitements	Quantités ingérées (kg MS)				Performances		
			Fourrages	Lacto-sérum	Ration totale p. 100 PV	Concentré p. 100 MST (1)	Lait kg	Taux butyreux p. 1000	Taux protéines p. 1000 ( )
REMOND et al. (1978)	2 essais - 14 à 37 HF Milieu de lactation (2) 2 X 5 à 12 semaines	Ens. Maïs + Conc. puis	9,8	0	3,08	39,4	22,0	36,4	(32,9)
		Ens. Maïs + L (dl)	11,1	3,0	3,03	12,0	17,5	42,2	(34,7)
	2 X 7 vaches Milieu de lactation 6 semaines	Ens. Maïs + Conc.	9,8	0	2,36	26,0	16,3	41,6	(33,9)
		Ens. Maïs + L (dl)	9,7	2,5	2,29	8,6	14,8	44,1	(35,4)
COULON et al. (1979)	2 X 10 HF Fin de lactation 6 semaines	Ens. Maïs + Conc.	12,2	0	2,43	17,4	8,2	44,3	(37,3)
		Ens. Maïs + L (dl)	12,5	2,2	2,4	2,0	8,7	45,8	(36,9)
ANDERSON et al. (1974)	2 X 2 vaches Milieu de lactation 2 semaines	Foin + Conc.	12,7	0	2,8 (3)	33,5	23,4	37,4	(35,0)
		Foin + Conc. + L (dl)	7,1	5,7	2,7	32,6	20,8	40,5	(38,0)
SCHINGOETHE et al. (1973)	2 X 6 vaches Milieu de lactation 6 semaines	Foin + Conc.	2,0	0	2,6 (3)	87,3	25,8	20,6	(33,4)
		Foin + Conc. + L (s)	2,0	1,9	2,7	74,8	25,2	28,9	(31,7)
ITEB (1984)	2 X 22 vaches Milieu de lactation 15 semaines	EH + EM + Conc.	12,1	0	2,73	22,4	18,8	41,0	33,1
		EH + EM + Conc. + L (dc)	11,5	2,92	2,81	11,7	18,7	42,6	34,5
PINCHASOV et al. (1982)	2 X 18 vaches Début lactation 21 semaines	Foin + Conc.	3,2	0	3,15	82,9	30,2	24,8	33,5
		Foin + Conc. + L (la)	3,3	2,2	3,10	71,0	29,5	30,8	35,1

Pour tous ces essais (sauf ANDERSON et al. (1984) et PINCHASOV et al. (1982)), le lactosérum était offert en substitution partielle ou totale à l'aliment concentré.

L = lactosérum - d = lactosérum doux - l = lactosérum liquide - s = lactosérum sec - c = lactosérum concentré - a = lactosérum acide

(1) Compte non tenu du lactosérum - ( ) taux azoté.

(2) Deux périodes successives.

(3) Poids vif supposé de 600 kg.

TABLEAU 7

Effet des drèches de brasserie sur la production et la composition du lait

Auteurs Caractéristiques essais	Type de fourrages	Traitements		Quantités ingérées (kg MS)			Concentré p. 100 MST	Lait kg	Taux p. 1000	
		drèches kg	complémentation	Fourrages	Drèches	Ration totale p. 100 PV			butyreux	protéines
PARRASSIN et al. (1982) et n.p.										
Essai I (1979)			> kg lait							
25 MO		0	16	14,79	0	3,02	15,1	22,2	40,4	31,4
Vêlage - 18 semaines	ensilage	14	16	11,29	3,26	3,06	16,6	24,9	39,5	31,7
Essai II (1980)										
19 MO		0	15	12,70	0	2,78	21,5	24,3	40,6	32,1
Vêlage - 12 semaines		12	20	9,37	2,72	2,49	12,7	25,5	40,4	32,4
Essai III (1981)	maïs à	0	14	13,04	0	2,80	23,7	24,2	41,2	32,6
43 MO		8	14	10,32	1,78	2,84	24,2	26,5	38,5	32,1
Vêlage - 14 semaines	volonté	8	18	11,89	1,82	2,75	17,3	24,9	40,1	32,7
		16	18	8,86	3,48	2,56	18,0	25,1	39,2	32,1
Essai II (1980)										
22 MO	ensilage	0	10	11,06	0	2,70	31,8	25,8	39,3	31,8
Vêlage - 12 semaines		12	15	9,37	2,78	2,68	22,9	26,7	37,6	31,4
Essai IV (1982)	herbe à	0	10	11,4	0	2,71	33,8	26,6	39,2	32,5
51 MO		8	10	9,4	1,6	2,65	33,7	27,8	38,4	32,2
Vêlage 15 semaines	volonté	8	14	10,2	1,65	2,57	26,2	27,6	37,5	31,9
		16	14	8,5	3,22	2,58	26,6	26,7	37,3	31,5
MURDOCH et al. (1981)										TA (1)
40 HF	foin	0	concentré	8,9	0	2,92	54,1	30,8	36,1	35,4
Vêlage - 143 jours	luzerne	12	concentré	8,7	3,04	3,31	44,4	36,1	34,2	33,2
	+	0	T. soja	8,9	0	3,13	57,8	35,5	32,4	33,9
	ens. maïs	25	concentré	8,9	6,57	3,17	29,7	34,1	37,5	34,6
	(40/60)	0	TS+conc.	9,1	0	3,21	57,6	33,8	35,9	35,4
DAVIS et al. (1982)						(2)				
20 HF	ensilage	0	-	7,9	0	3,28	59,8	25,6	37	33
Carré latin 4 X 4	maïs	12	-	7,3	3,6	3,03	39,9	25,0	33	32
4 semaines		17	-	6,8	5,2	2,85	29,8	24,4	33	32
		19	-	5,9	5,9	2,47	20,6	22,2	35	31
VALENTINE et WICKES (1982)						(2)				
35 FF	foin	0	0	10,8	0	1,80	0	9,6	46,2	32,8
42 jours	prairies	9	0	11,3	2,2	2,25	0	13,2	39,8	31,0
		18	0	10,4	4,3	2,45	0	15,6	38,8	31,9
		26	0	11,1	6,1	2,87	0	16,4	37,3	32,8
		0	3,9 orge	11,1	0	2,50	26	13,3	43,9	33,6
MICHALET-DOREAU, n.p.				+ pulpes		(1)				
32 HF	foin	0	T. arach.	10,7	0	2,5	28	21,9	35,7	30,4
10 semaines	+ pulpes	12	maïs grain	10,8	2,8	2,6	14	22,8	37,3	29,4

(1) Estimation.
(2) Poids vif supposé de 600 kg.

effet est observé quels que soient la forme (liquide, concentré ou sec) ou le type (doux ou acide) du lactosérum offert. Il est lié à la modification de la composition des produits terminaux de la digestion dans le rumen (production d'acide butyrique) mais aussi à la persistance plus faible de la production laitière (phénomène de dilution) dans le cas de niveaux élevés d'apports de lactosérum (REMOND *et al.*, 1978 ; REMOND et COULON, 1984 ; JOURNET et CHILLIARD, 1985), ce qui est à l'origine de l'accroissement du taux de protéines.

4. Drèches de brasserie

Un apport de drèches de brasserie dans une ration de fourrages (tabl. 7) se traduit généralement par un accroissement non négligeable de la production laitière (+ 1,2 kg dans nos essais) (PARRASSIN *et al.*, 1982). Ceci aurait pu provoquer une diminution des taux par effet de dilution.

Avec les régimes à base d'ensilage de maïs à proportions de concentrés normales (< 25 p.100 de la MS totale), nous observons un bon maintien du taux butyreux (40 g p.1000 environ) en particulier lorsque l'apport de drèches (8 à 16 kg) s'est traduit par une réduction effective de la complémentation (PARRASSIN *et al.*, 1982 et résultats non publiés). MURDOCH *et al.* (1981) et DAVIS *et al.* (1982) ont cependant obtenu des diminutions du taux butyreux (de 2 à 4 points), mais il s'agissait alors de régimes à faibles quantités d'ensilages de maïs (6 à 9 kg MS), à fortes quantités de drèches (>3,5 kg MS) et parfois à proportions élevées de concentrés (>30 p.100).

Avec l'ensilage d'herbe et le foin, une diminution plus sensible du taux butyreux peut être observée avec l'apport de drèches. Ainsi, à Mirecourt, la teneur en matières grasses a diminué en moyenne de 1,5 point malgré la réduction de la complémentation dans certains cas. B. MICHALET-DOREAU (résultats non publiés), avec une ration comportant 60 p.100 de pulpes sèches n'a pas observé ce phénomène.

D'après les mesures faites par MURDOCH *et al.* (1981) et DAVIS *et al.* (1982) les drèches apporteraient peu de modifications des différentes proportions d'acides gras volatils dans le rumen avec les rations comportant de l'ensilage de maïs. Ils observent cependant une augmentation sensible du rapport C2 / C3 avec l'apport de drèches. Par ailleurs, du fait probablement de la grande richesse de cet aliment en matières grasses, la proportion des acides gras longs à 18 atomes de C a été fortement accrue (40,6 p.100 vs 30,8 p.100) avec l'apport de drèches (PARRASSIN *et al.*, 1982).

Le taux de protéines n'a été que très faiblement influencé par l'apport des drèches aussi bien avec l'ensilage de maïs qu'avec les autres régimes.

IV. Comparaisons de régimes extrêmes

Un moyen d'estimer les variations de composition du lait liées aux régimes est de comparer les performances obtenues sur les mêmes vaches recevant une alimentation différente à un stade physiologique identique durant plusieurs lactations consécutives.

A titre d'exemple, nous avons pu suivre (HODEN *et al.*, 1976) durant 5 lactations un petit troupeau (n = 16 au départ) de vaches HF à haut niveau de production (>7000 kg lait en adultes) de la Station de Génétique quantitative et appliquée du Pin-au-Haras (J.J. COLLEAU et A. MULLER). Durant leurs 12 premières semaines de lactation, ces vaches ont eu en moyenne des taux butyreux différents selon les lactations de 14 points (28 à 42 g p.1000). Ceci peut être relié à la nature différente des régimes qui selon les années a varié de 80 p.100 d'éléments « défavorables » au taux butyreux (concentré + maïs déshydraté + luzerne agglomérée) à une ration qualifiée de « normale » et composée d'herbe pâturée ou d'au moins 40 p.100 d'aliments grossiers favorables à la synthèse des matières grasses (ensilage de maïs + foin). Dans le contexte actuel, cet exemple probablement extrême illustre les possibilités de variations importantes de la composition du lait sous l'influence de facteurs liés à la structure des aliments (broyage, agglomération) et / où à la présence plus ou moins importante d'éléments fibreux (JOURNET et CHILLIARD, 1985).

V. Conclusion

Parmi les facteurs pouvant influencer la composition du lait, ceux liés à l'animal (race, stade physiologique, âge...) restent prépondérants par rapport aux facteurs extrinsèques tout au moins dans la gamme des régimes classiquement utilisés en France.

Les types de rations distribuées aux vaches laitières ont cependant une influence non négligeable sur la composition du lait puisqu'il est possible d'observer entre régimes des écarts de l'ordre de 3 à 4 points pour le taux butyreux et de moitié environ pour le taux de protéines.

Certains régimes ou aliments peuvent être classés comme étant « plutôt favorables » au taux butyreux (ensilage de maïs, betteraves, lactosérum...) tandis que d'autres peuvent être considérés comme étant au contraire « assez défavorables » (ensilages d'herbe, foins...) du fait de leur effet spécifique et / ou du fait qu'ils nécessitent une proportion de concentré dans la ration plus élevée. D'autres aliments ont en revanche des actions « variables » selon les régimes qui précèdent ou auxquels ils sont associés (interactions) et leur proportion plus ou moins élevée dans la ration. Ceci est le cas de l'herbe de printemps et des pulpes de betteraves ou des drèches de brasserie. Les variations du taux butyreux sont souvent inverses de celles de la production de lait et cela en rapport avec la composition du mélange des acides gras volatils du rumen (JOURNET et CHILLIARD, 1985).

Le taux de protéines est au contraire en liaison positive avec la quantité de lait par suite essentiellement de leur dépendance du niveau d'apport énergétique (REMOND, 198). Il n'est donc pas rare d'observer des variations inverses entre le taux butyreux et celui de protéines sous l'influence d'un facteur alimentaire donné.

En outre, les phénomènes de dilution des quantités de matières grasses et de protéines sécrétées dans le volume de lait produit sont à prendre en compte dans certains cas pour expliquer les variations observées au niveau des taux (JOURNET et CHILLIARD, 1985).

En conclusion, on voit que l'éleveur a néanmoins à sa disposition des moyens non négligeables d'agir sur la composition du lait tout en respectant les recommandations alimentaires. Ceux-ci ont été diffusés récemment par l'ITEB à l'occasion des problèmes soulevés par la réduction de la collecte laitière.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les collègues de l'INRA : M. FARGETTON, J.P. GAREL, L. HUGUET, B. MARQUIS, A. MOURGUET, A. MULLER, P.R. PARRASSIN, J.R. PECCATTE qui ont bien voulu nous fournir des données issues de leurs troupeaux expérimentaux.

Références bibliographiques

1. ANDERSON M.J., LAMB R.C., MICKELSEN C.H., WISCOMBE R.L., 1974. *J. Dairy. Sci.*, **57,** 1206-1209.

2. ANDRIEU J., DULPHY J.P., 1984. Résultats non publiés.

3. AURIOL, JARRIGE R., 1962. *Bull. Fed. Inter. de Laiterie,* II, 1-39.

4. BERTILSSON J., BURSTEDT E., 1983. *Swed. J. agric. Res.*, **13,** 189-200.

4bis. BONAITI B., 1985. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **59,** 51-56.

5. CASTLE M.E., GILL M.S., WATSON J.N., 1981. *Grass Forage Sci.*, **36,** 31-37.

5bis. COULON J.B., GAREL J.P., HODEN A., JOURNET M., LIENARD G., 1985. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **61,** 31-48.

6. COULON J.B., REMOND B., JOURNET M., 1979. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **36,** 91.

7. DAVIS C.L., GRENAWALT D.A., Mc COY G., 1983. *J. Dairy Sci.*, **66,** 73-79.

8. DE BREBANDER D.L., AERTS J.V., BOUCQUE Ch.V., BUYSSE F.X., MOERMANS R.J., 1975. *Rev. Agric.*, **2,** 337-357.

9. DEMARQUILLY C., 1963. *Ann. Zootech.*, **12,** 69-104.

10. DULPHY J.P., 1984. Résultats non publiés.

11. DULPHY J.P., 1984b. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **57** 5-12.

12. DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., 1979. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **35,** 45-52.

13. DULPHY J.P., BONY J., ANDRIEU J.P., 1978. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **34,** 15-22.

14. DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1971. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **4,** 15-29.

15. DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1972. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **10,** 5-15.

16. DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1975. *Ann. Zootech.*, **24,** 363-371.

17. DULPHY J.P., GAREL J.P., ANDRIEU J.P., ROUEL J., 1984a. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **55,** 17.

18. DULPHY J.P., LIENARD G., 1981. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **44,** 33-40.

19. DULPHY J.P., LIENARD G., ANDRIEU J.P., GAREL J.P., 1983. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **51,** 31-42.

20. GORDON F.J., 1982. *Grass Forage Sci.*, **37,** 59-65.

21. HODEN A., COLLEAU J.J., JOURNET M., MULLER A., 1976. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **24,** 55-62.

22. HODEN A., GAREL J.P., JOURNET M., LIENARD G., WEGAT-LITRE E., 1981. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **43,** 15-20.

23. HODEN A., JOURNET M., 1971. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **6,** 27-34.

24. HODEN A., JOURNET M., 1980. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **42,** 45-50.

25. HODEN A., REMOND B., JOURNET M., 1974. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **16,** 17-20.

26. HUGUET L., HODEN A., MALTERRE C., GEAY Y., MICOL D., BERTIN G., MOURGUET A., 1983. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **54,** 61-72.

27. HUGUET L., MOURGUET A., TRAINEAU R., 1969. *Fourrages,* **37,** 3-29.

28. ITEB, 1977. Journée INRA, ITEB, ITCF. 15-16 nov. Etude nº 78101.

29. ITEB, 1984. Plaquette sur la maîtrise des livraisons de lait. Juillet.

30. ITEB, Chambre Agriculture EDE Finistère, 1984. Etude nº 84011.

31. ITEB, Chambre Régionale Agriculture Rhône-Alpes, EDE Isère, Lycée Agricole de la Côte St-André, 1983. Etude nº 83121.

32. ITEB, EDE Côtes du Nord, 1982. Etude nº 82033.

33. ITEB, EDE et Chambre Agriculture du Finistère, EDE Loire Atlantique, 1980. Etude nº 80116.

34. ITEB, EDE Haute Saône, 1979. Etude nº 79065.

35. ITEB, EDE Maine et Loire, ITCF, 1983. Etude nº 83124.

36. ITEB, ULPAC, 1984. Etude nº 84061

37. ITEB, ITCF, EDE Maine et Loire, 1980. Etude nº 80121.

38. ITEB, ITG, 1977. Journées d'information, Dijon, 2-3 mars.

39. JARRIGE R., JOURNET M., 1959. *Ann. Nutr. Aliment.*, **13,** 233-277.

40. JOURNET M., CHILLIARD Y., 1985. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **60,** 13-23.

41. JOURNET M., DULPHY J.P., 1973. *Fourrages,* **56,** 71-87.

42. JOURNET L., FAVERDIN P., REMOND B., VERITE R., 1983. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **51,** 7-18.

43. JOURNET M., HODEN A., MULLER A., 1975. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **22,** 53-56.

44. LABADIE P., 1968. Mémoire Laboratoire des Aliments, INRA Theix.

45. LE DORE A., 1977. Thèse de Docteur-Ingénieur.

46. MERRILL W.G., SLACK S.T., 1965. An. Sci. Mimeograph Séries nº 3.

47. MICHALET-DOREAU B. Résultats non publiés.

48. MOREL D'ARLEUX F., 1983. *Elev. Bovin,* Spécial betteraves, **125,** fév.

49. MURDOCK F.R., HODGSON A.S., ROBERT E., RILEY J.R., 1981. *J. Dairy Sci.*, **64,** 1826-1832.

50. NICKS B., BIENFAIT J.M., LAMBERT J., NOGAREDE P., FORCEILLE M.J., 1979. *Ann. Méd. vét.*, **123,** 351-359.

51. PARRASSIN P.R., HODEN A., JOURNET M., 1979. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **28,** 35-42.

52. PARRASSIN P.R., HODEN A., JOURNET M., 1982. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **47,** 27-32.

53. PINCHASOV Y., HASDAI, GORDIN S., KATZNELSON D., VOLCANI R., 1982. *J. Dairy Sci.*, **65,** 28-36.

54. REMOND B., 1978. In INRA « *La Vache laitière* », 230-242.

55. REMOND B., 1985. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **62,** - .

56. REMOND B., COULON J.B., 1984. (à paraître).

57. REMOND B., JOURNET M., 1977. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **29,** 49-52.

58. REMOND B., MARQUIS B., HODEN A., JOURNET M., 1978. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **33,** 53-59.

59. RIBAULT D., 1977. Mémoire fin d'études, INRA Theix.

60. ROFFLER R.E., NIEDERMEIER R.P., BAUMGARDT B.R., 1967. *J. Dairy Sci.,* **50,** 1805-1813.

61. SCHINGOETHE D.J., STAKE P.E., OWENS M.J., 1973. *J. Dairy Sci.,* **56,** 909-914.

62. VALENTINE S.C., WICKES R.B., 1979. *J. Exp. Agric. Anim. Husb.,* **19,** 290-296.

63. VALENTINE S.C., WICKES R.B., 1982. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.,* **22,** 155-158.

64. VERITE R., 1972. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **7,** 5-10.

65. VERITE R., 1975. *Ann. Zootech.,* **24,** 373-390.

66. VERITE R., DULPHY J.P., 1981. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **45,** 15-22.

67. VERITE R., HODEN A., JOURNET M., MARQUIS B., 1973. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **13,** 19-22.

68. VERITE R., HODEN A., JOURNET M., 1984. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **18,** 5-10.

69. VERITE R., JOURNET M., 1971. *Ann. Zootech.,* **20,** 153-167.

70. VERITE R., JOURNET M., 1973. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **11,** 41-46.

71. VERITE R., JOURNET M., 1975. *Ann. Zootech.,* **24,** 95-107.

72. WILKINS M., 1983. Essais Eurpéens. Eurowet., non publié.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 81-92

Evolution *post-mortem* des gras animaux : la lipolyse

J.P. GIRARD et Christine BUCHARLES

INRA-CRZV Theix, Station de Recherches sur la Viande, 63122 Ceyrat

Dans l'article publié ci-après, seule la réaction d'hydrolyse est évoquée. Les conséquences de cette réaction sur les qualités organoleptiques de la viande et sur la flaveur en particulier, ont été partiellement relatées lors d'un précédent article publié en 1985 dans cette même revue (n° 60).

Nous avons extrait cet article, dans sa version originale, d'une synthèse CDIUPA destinée à être publiée courant quatrième trimestre 1985. Cette synthèse a trait aux modifications subies par les lipides en cours de transformation dans la Filière Viande. Le tableau situé en page 2 de cet article illustre ces modifications.

Introduction

Dès les premiers instants qui suivent l'abattage, les différents types de gras : gras intra- et intermusculaires, gras de dépôt (périrénal ou sous-cutané) sont le siège de modifications biochimiques et chimiques qui se répercutent sur les qualités organoleptiques de la viande, et des produits carnés.

Ces modifications sont essentiellement de deux ordres et sont relatives, dans leur chronologie, aux liaisons esters, la réaction impliquée est alors une hydrolyse, puis aux doubles liaisons des acides gras engagés ou non dans les liaisons esters, il s'agit alors d'une réaction d'oxydation.

Nous allons procéder à l'étude de ces deux réactions, puis à celle de leurs conséquences, sur la flaveur de la viande et des produits carnés.

L'hydrolyse des liaisons esters : la lipolyse

D'origine enzymatique, cette réaction concerne l'hydrolyse des esters du glycérol, acylglycérols ou glycérides d'une part, et glycérophospholipides d'autre part ; elle conduit à la formation d'acides gras libres à longues chaînes, abrégés parfois dans le texte qui suit par le sigle A.G.L. Relativement au premier type d'esters, il est bon de distinguer les « carboxylic ester hydrolases » E.C. 3.1.1.1., hydrolysant des esters d'acides carboxyliques solubles dans l'eau, des « triacyl glycérol acylhydrolases » E.C. 3.1.1.3., qui exercent leur action aux interfaces huile-eau, c'est-à-dire en milieu émulsionné, en libérant des acides gras à longues chaînes. Cet aspect sera détaillé ultérieurement. Dans les résultats que nous allons rapporter, certains, ne tenant pas compte de cette distinction, peuvent être considérés comme sujets à caution. Les esters du cholestérol sont probablement concernés par une « cholestérol ester acylhydrolase » E.C. 3.1.1.3., mais aucune donnée biliographique ne nous permet de le confirmer. Les numéros de code des enzymes impliqués, d'après la classification systématique, sont rapportés tableau 1.

Cette réaction s'effectue, aux dépens des différents types de gras cités précédemment, soit sous l'action de lipases endogènes, soit sous celle de lipases bactériennes, soit sous l'action simultanée de ces deux agents. Il apparaît difficile de distinguer les parts relatives prises par chacune d'entre elles qui peuvent varier avec le temps écoulé depuis l'abattage ; les résultats publiés ont été obtenus en effet sur des matières premières non exemptes de contamination. Les travaux de HOOD et ALLEN (1971) font partiellement exception à cette constatation, en se rapprochant de conditions « germ-free ».

Nature des paramètres influençant la réaction de lipolyse

NATURE DES PARAMETRES	INFLUENCE SUR LA VITESSE DE LA REACTION DE LIPOLYSE	
	Positive	Négative
PHYSIQUES Température de stockage	Hautes valeurs (en deçà de la température de dénaturation)	Basses valeurs
PHYSICO CHIMIQUES Activité de l'eau (aw)	Hautes valeurs, exception faites de celles voisines de 1	Basses valeurs
pH	Peu de données, domaines d'activité optimale généralement compris entre 8 et 9	
Nature du milieu	Milieu hétérogène (émulsifié)	Milieu homogène
Force ionique μ (concentration en NaCl principalement)		Dans tous les cas effets dépresseurs d'aw et bactériostatique
Nature de l'atmosphère	Sous vide, comparativement à l'air	Présence d'oxygène
CHIMIQUES Apport d'épices	Poivre blanc	
MICROBIOLOGIQUES	Tous les facteurs favorisant la croissance de la flore lipolytique	

Tableau synotypique des modifications subies par les lipides au cours des différents processus mis en œuvre dans la Filière Viande, conduisant à la viande et aux produits carnés

Technologies mises en œuvre		Produits concernés par ces technologies	Réactions impliquées
Action du froid	Maturation	Viande	Hydrolyse Oxydation (très faible)
	Congélation	Tissu musculaire Tissu adipeux Steak haché	Cristallisation Hydrolyse Oxydation
Action de la chaleur	Cuisson Stérilisation	Viande Steak haché Pâté Pate fine	Fusion des lipides Transferts Gélatinisation du conjonctif du tissu adipeux Hydrolyse inexistante ou très faible (cuisson bouillie mise à part) Oxydation Réaction de Maillard
	Pochage	Tissu adipeux	Fusion des lipides Transfert des lipides à bas point de fusion Contraction du tissu conjonctif
Action d'une atmosphère contrôlée	Séchage	Jambon sec	Hydrolyse Oxydation
Action des micro-organismes + atmosphères contrôlée	Fermentation + séchage	Saucisson sec	Hydrolyse importante Oxydation en deux temps 1. en cours de maturation, formation de composés responsables de l'odeur typique du produit 2. ultérieurement à la fabrication formation de composés à faveur rance
Action mécanique	Hachage	Tissu adipeux	Désintégration de la structure anatomique Eclatement des adipocytes
	Mélange Structuration	Pâté Pâte fine	Formation de dispersions, suspensions, émulsions
Action des omposés de la fumée	Fumage	Produits de la troisième transformation	Action anti oxydante
		Produits de la troisième transformation	Oxydation : — effet direct + (ions Cl^-) — effet indirect –, action anti oxydante, diminution d'aw Limitation de l'hydrolyse par diminution de l'aw
Action du sel et des ingrédients associés	Salaison Salage		

TABLEAU 1

Appellation courante et systématique des différents enzymes susceptibles d'intervenir dans la libération d'acides gras de divers types d'esters

Type d'esters concernés par l'action de l'enzyme considéré	Nom courant de l'enzyme	Nom systématique de l'enzyme	Numéro de code dans la classification systématique des enzymes
Esterrs du glycérol	Estérase	Carboxylic ester hydrolase	EC.3.1.1.1
	Lipase	Triacyl glycerol acylhydrolase	EC.3.1.1.3
Esters du cholesterol	Cholestérase	Cholesterol ester acylhydrolase	EC.3.1.1.13
Phospholipides	Phospholipase A1	Phosphatidate 1-acylhydrolase	EC.3.1.1.32
	Phospholipase A2	Phosphatidate 2-acylhydrolase	EC.3.1.1.4
	Phospholipase B (ou lysophospholipase)	Lysolécithine acylhydrolase	EC.3.1.1.5
	Phospholipase C	Phosphatidylcholine phosphohydrolase	EC.3.1.4.3
	Phospholipase D	Phosphatidylcholine phosphatidohydrolase	EC.3.1.4.4.

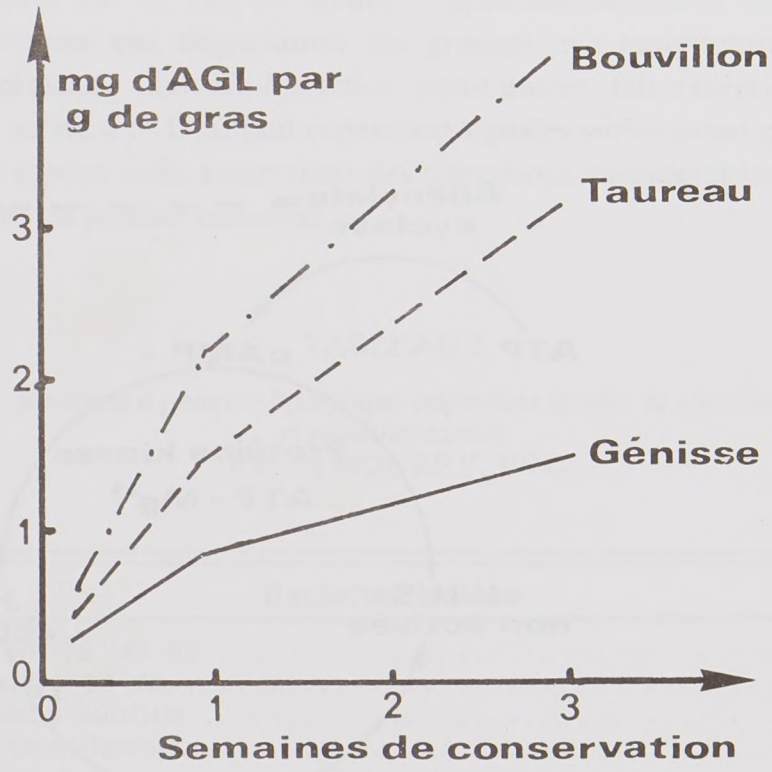


FIG. 1 : *Influence du sexe et du temps de maturation sur la teneur en acides gras libres des lipides intramusculaires de bovin* (d'après HOOD et ALLEN, 1971)

1. Lipases endogènes (triacyl glycérol lipase et phospholipases)

Selon HOOD et ALLEN (1971), les quantités d'acides gras libres produites par ces enzymes en cours de maturation de viandes bovines provenant d'animaux de sexes différents sont multipliées par des facteurs compris entre 5 et 12 (fig. 1). En effet, parmi les lipases endogènes impliquées, la plus importante semble être une triacyl glycérol lipase particulière dont l'activité se caractérise par sa sensibilité aux hormones, et désignée de ce fait par le sigle L.H.S., lipase hormono-sensible. Elle a reçu l'attention de nombreux chercheurs :ROUS, 1977 ; SAITO *et al.*, 1974 ; VAUGHAN *et al.*, 1964 ; WISE et JUNGAS, 1978. Sa présence a été mentionnée dans le tissu adipeux d'espèces différentes (humain, vache, porc, mouton, lapin, chien, rat). Sa structure jusqu'alors est peu connue, son pH optimum d'action semble se situer aux environs de 7.0. Sa préférence semble se porter vis-à-vis des liaisons esters avec des acides gras à longues chaînes, quelle que soit leur position sur la molécule de glycérol. Sa régulation est complexe mais cependant assez bien connue, elle est rapportée figure 2. L'action des hormones se traduit par une régulation en cascade donnant lieu à un équilibre entre formes activée et non activée de la L.H.S. D'après ROUS (1977), WISE et JUNGAS (1978), le taux d'activation de l'enzyme varie selon l'espèce considérée. Ces constatations permettent d'expliquer les différences quantitatives entre teneurs en acides gras libres, d'une part des graisses d'animaux d'espèces différentes, et d'autre part d'animaux soumis à des stress *ante mortem* comparativement à des animaux normaux. Les états de stress et le facteur espèce se traduisent également sur le degré de lipolyse des constituants lipidiques du lait.

A côté de la L.H.S., qui joue un rôle primordial dans le tissu adipeux, existent d'autres lipases endogènes. Certaines, citées par ROUS (1977), hydrolyseraient également les triglycérides, à pH acide ; d'autres présenteraient une spécificité pour les acides gras courts donc solubles dans l'eau et ne peuvent être de ce fait considérées comme des lipases vraies. L'existence d'une mono glycéride lipase a été révélée récemment, celle d'une diglycéride lipase, distincte de la L.H.S., reste à prouver. La présence dans les tissus musculaires et adipeux d'une lipoprotéine lipase représentée le plus souvent par le sigle L.P.L. est connue. Cette enzyme, synthétisée dans les cellules adipeuses ou musculaires, migre dès formation vers son site d'action physiologique, l'endothélium des capillaires sanguins (CHILLIARD, 1980). Elle est, de même que la L.H.S., régulée de façon hormonale. Cependant, son rôle primordial ne semble pas mis en cause dans les tissus *post mortem*. En effet, elle est plutôt destinée à hydrolyser les lipoprotéines formées à partir de lipides externes apportés par l'alimentation.

En ce qui concerne les phospholipases, les sites d'attaque dans la molécule de phospholipide sont multiples, comme il est indiqué figure 3. Relativement à cette constatation, il est courant de distinguer cinq types différents : les phospholipases A1 et A2 libérant respectivement des acides gras en position 1 et 2, la phospholipase B ou lyso-phospholipase libérant un acide gras en position 1 ou 2, enfin les phospholipases C et D libérant respectivement de la choline phosphate et de la choline dans l'éventualité où le « X » de la figure 3 symbolisant l'alcool aminé est de la choline. De plus, pour une même phospholipase, les conditions optimales d'action sont malaisées à définir, car elles varient, entre autres, avec l'origine intracellulaire de l'enzyme. Il est difficile de présenter une vue synthétique des problèmes relatifs à l'action de ces enzymes *post mortem* dans les tissus d'animaux terrestres d'espèces couramment consommées en France, en raison de l'état parcellaire des résultats.

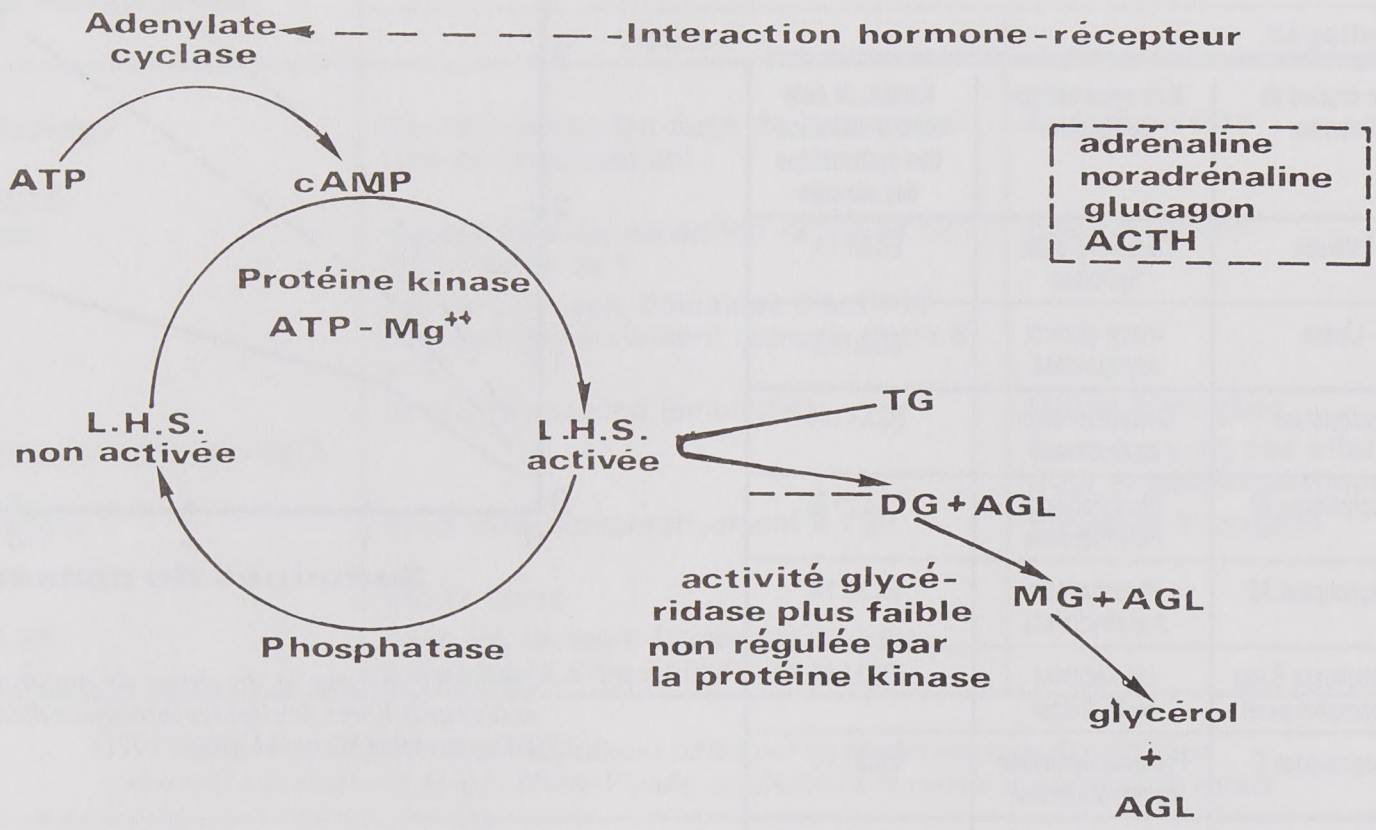


FIG. 2 : *Régulation de la lipase hormono sensible (L.H.S.)* (d'après STEINBERG *et al.*, 1975)
Seules les principales hormones agissant directement sur l'adénylate cyclase ont été mentionnées. Une régulation est également possible au niveau de l'AMP.

T.G. : triglycéride *D.G. : diglycéride*
M.G. : monoglycéride *A.G.L. : acides gras libres*

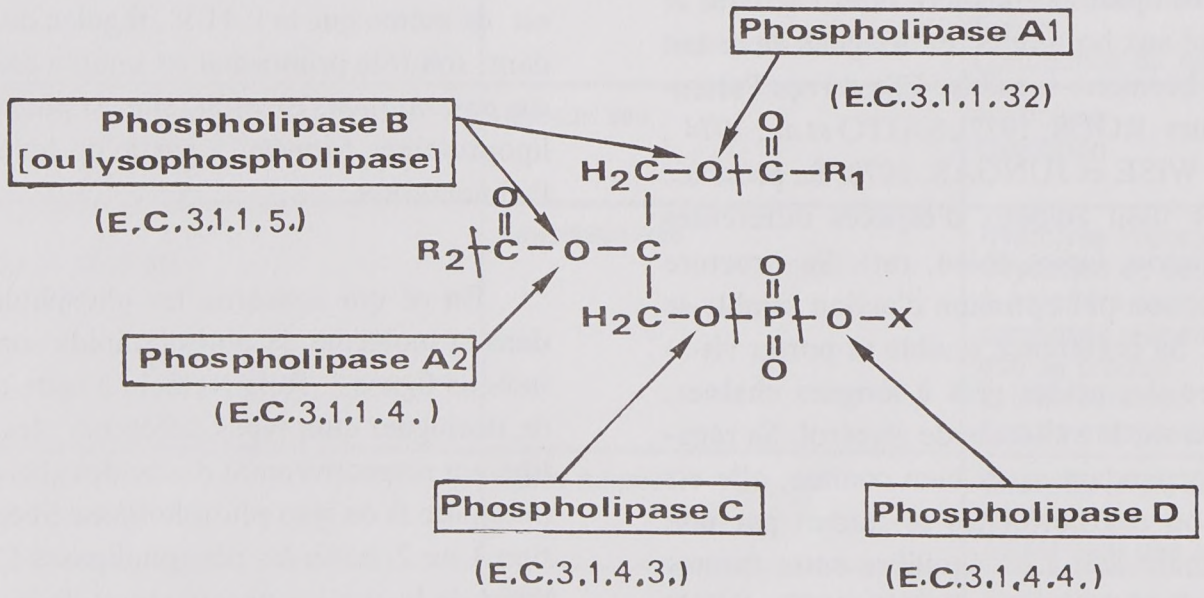


FIG. 3 : *Sites d'attaques des phospholipases sur les phospholipides*
(d'après VAN DEN BOSCH, 1982)

Relativement aux tissus provenant de poisson, la situation paraît plus claire du fait du nombre important de travaux relatifs à ce thème recensés par SHEWFET (1981). Une phospholipase A soluble a été isolée à partir de plusieurs espèces, sa température et son pH optima d'action se situeraient respectivement à 40 ° C et en milieu alcalin (AUDLEY *et al.,* 1978). L'accumulation de lysophospholipides résultant de son action, à une exception près (MAI et KINSELLA, 1979), n'a pu être mise en évidence ; cette constatation reçoit son explication au niveau du schéma en 2 étapes proposé par JONAS et BILINSKI (1967), et depuis lors couramment admis :

$$\text{P.D.C.} \xrightarrow[\text{P.L.A.}]{} \text{L.P.C.} + \text{A.G.L.} \quad (1)$$

$$\text{L.P.C.} \xrightarrow[\text{L.P.L.}]{} \text{G.P.C.} + \text{A.G.L.} \quad (2)$$

La molécule de phosphatidylcholine (P.D.C.), sous l'action de la phospholipase A (P.L.A.), conduirait à une molécule de lysophosphatidylcholine (L.P.C.) qui, dans la deuxième étape, serait hydrolysée par une lysophospholipase (L.P.L.) identifiée chez de multiples espèces (BILINSKI et JONAS, 1966 ; COHEN *et al.,* 1967 ; YURKOWSKI et BROCKERHOFF, 1965), pour former une molécule de glycérophosphorylcholine et une deuxième molécule d'acide gras libre. Les phospholipases C et D n'interviendraient pas dans les tissus de poissons.

2. Lipases microbiennes

A côté des lipases endogènes, les lipases microbiennes jouent vraisemblablement un rôle dans la réaction qui nous intéresse. Les germes capables d'activité lipasique sont nombreux.

Selon FOURNAUD (1982), les deux principaux groupes de bactéries lipolytiques rencontrés dans les viandes sont les *Pseudomonas* et micrococcaceae. MOUREY (1978) a recensé dans les viandes de porc et les produits carnés les bactéries lipolytiques. Elles représentent dans tous les cas une proportion importante de la flore totale ; cette tendance est encore accentuée dans les produits dérivés, soit en raison des nombreuses manipulations que nécessite leur élaboration, soit en raison de leurs fortes teneurs en lipides.

L'identité des bactéries les plus fortement lipolytiques, selon MOUREY (1978), est mentionnée tableau 2.

Les bactéries à gram positif, principalement *Bacillus* et accessoirement certains micrococcaceae, prédominent, tandis que certaines bactéries à gram négatif telles que *Pseudomonas* fortement lipolytiques, et quelques représentants des entérobactéries, sont moins nombreux dans les produits non réfrigérés.

La réfrigération, appliquée à certains produits résultant de la troisième transformation entraîne au contraire une prédominance des bacilles à gram négatif, en particulier *Pseudomonas* et *Acinetobacter,* connus pour leur pouvoir lipolytique important. La croissance de certains *Pseudomonas* psychrophiles serait cependant limitée, dans le cas des viandes bovines hachées, par celles des lactobacilles (REDDY *et al.,* 1975).

Parallèlement à l'activité lipolytique des bactéries, celle des levures est non négligeable (tabl. 3). MOUREY *et al.* (1977) en ont dénombré 16, isolées de produits carnés, toutes plus ou moins actives à 22° C. Peu de levures, cependant semblent capables d'entraîner une dégradation des graisses aux températures de réfrigération. *Candida lipolytica,* entre autres, fait exception, et reste active à 5° C. Il faut cependant signaler sur ce point qu'une seule espèce suffit à entraîner des altérations considérables de la flaveur du produit concerné.

TABLEAU 2

Bactéries à pouvoir lipolytique important isolées de viandes et produits carnés
(d'après MOUREY, 1978)

Bacteries isolées
Acinetobacter sp
Alcaligenes sp
Bacillus subtilis
B. licheniformis
B. pumilus
B. cereus
B. coagulans
B. circulans
Enterobacter liquefaciens
Micrococcus luteus
M. varians
Pseudomonas fluorescens
P. putida
P. sp. non fluorescents
Staphylococcus epidermidis
S. saprophyticus
S. aureus
S. xylosus
Streptocoques D.

TABLEAU 3

Levures mentionnées par différents chercheurs pour leur pouvoir lipolytique plus ou moins important

Nom de la levure	Référence bibliographique
Candida curvata	2
Candida deformans	2
Candida humicola	2
Candida lipolytica	1,2,3
Candida melinii	3
Candida parapsilosis	2
Candida rugosa	3
Candida zeylanoides	3
Cryptococcus laurentii	2
Debaryomyces subglobosus	3
Goetrichum candidum	2
Hansenula kloekeri	3
Hansenula subpelliculosa	3
Rhodotorulla mucilaginosa	3
Rhodotorulla glutinis	3
Saccharomyces acidifaciens	3
Saccharomyces sp	3
Saccharomycopsis lipolytica	2
Torulopsis aeria	3
Torulopsis candida	3
Torulopsis magnolia	3
Torulopsis versatilis	3
Trichosporon cutaneum	2
Trichosporon pullulans	3

1. ALFORT *et al.,* 1964. 2. ALIFAX, 1979, levures isolées de denrées alimentaires variées. 3. MOUREY *et al.,* 1977, levures isolées de produits de charcuterie

Parmi les moisissures, *Aspergillus flavus, Aspergillus niger, Penicillium roqueforti, Rhizopus oligosporus* possèdent un pouvoir lipolytique (ALFORD *et al.*, 1964). Aux températures classiques de réfrigération, certaines se développent à la surface des corps gras animaux, jusqu'à des valeurs relativement basses de l'activité de l'eau.

Peu de données relatives aux caractéristiques de ces lipases figurent dans la littérature. Nous pouvons cependant les classer, selon une nomenclature ancienne (ALFORD *et al.*, 1964), dans l'une des trois catégories suivantes :

- type I : c'est le plus courant. Les lipases de ce type sont présentes, entre autres, chez *Pseudomonas fluorescens, Candida lipolytica, Penicillium roqueforti.* Elles attaquent en priorité l'acide gras en position 1 (ou 3) de la molécule de triglycéride. L'action de la lipase de ce type est plus lente sur des mono- ou diglycérides, comparativement à des triglycérides. Une étude plus récente, celle de BLOQUEL (1980), a permis de compléter ces données en révélant une spécificité d'action de la lipase de *Pseudomonas fluorescens* vis-à-vis de la tributyrine et de la trioléine ;

- type II : il est moins courant que le précédent, les lipases de ce type se rencontrent chez *Staphylococcus aureus, Aspergillus flavus.* Elles ne semblent pas présenter dans leur attaque de spécificité de position ;

- type III : il est peu courant. Les lipases de ce type se rencontrent chez *Geotrichum candidum* et présentent une spécificité de chaîne à l'encontre des liaisons esters d'acides gras insaturés de type oléique, quelle que soit leur position sur la molécule de glycérol. Pour DRAPRON, cette spécificité doit être considérée plutôt de position, ce type d'acide occupant statistiquement la position centrale de la molécule de triglycéride.

Une donnée supplémentaire aux indications fournies précédemment est relative aux levures, elle date de 1979 et a été rapportée par ALIFAX. Les lipases de ces microorganismes seraient aptes à libérer des acides gras courts de type caprylique, caprique ou laurique. Relativement aux deux premiers acides leur libération peut cependant s'effectuer sous l'action de carboxylic ester hydrolases. Celles provenant de *Candida lipolytica* et *Trichosporon cutaneum* libèreraient, en outre et respectivement, les acides oléique et myristique.

A côté des lipases endogènes et bactériennes, il est bon de rappeler que certaines lipases sont apportées par les additifs tels que le poivre blanc (PAULET *et al.*, 1974) et donc susceptibles d'agir sur les constituants lipidiques de nombreux produits charcutiers.

L'étude bibliographique réalisée sur les lipases permet de mettre en évidence la multiplicité de ces agents, et la complexité de leur mode d'action. Par suite, la transposition de ces données particulières au domaine général de la viande et des produits carnés s'avère difficile. Elle se complique de la pluralité des valeurs des paramètres, physico-chimiques et chimiques entre autres, à prendre en considération : pH, aw, force ionique, teneur en gras, et surtout hétérogénéité du milieu. En particulier, le problème de la provenance, à partir des lipides neutres ou polaires, des acides gras libres générés en cours de maturation de la viande, n'est que partiellement résolu. Sur ce point, les opinions des différents groupes de recherche divergent en effet, elles sont rapportées ci-après. Ces divergences peuvent s'expliquer, comme mentionné au début, par le manque de spécificité des mesures d'activité lipolytique (DRAPRON, comm. pers.).

3. Déroulement de la réaction dans la viande et les produits carnés.

Avant d'aborder l'étude générale de la lipolyse dans le tissu musculaire, nous allons rapporter quelques résultats acquis par GIRARD *et al.* (1983), concernant le tissu adipeux. Ces auteurs ont étudié l'évolution de la fraction acides gras libres en cours de stockage à - 20° C (fig. 4 et 5). Alors qu'à l'abattage, la composition en A.G.L. du tissu adipeux reproduit assez fidèlement la composition en acides gras des triglycérides, il n'en est pas de même par la suite. En cours de stockage au froid, la cinétique de la réaction de lipolyse suit une loi logarithmique et les principaux acides gras concernés par cette réaction sont les acides gras insaturés.

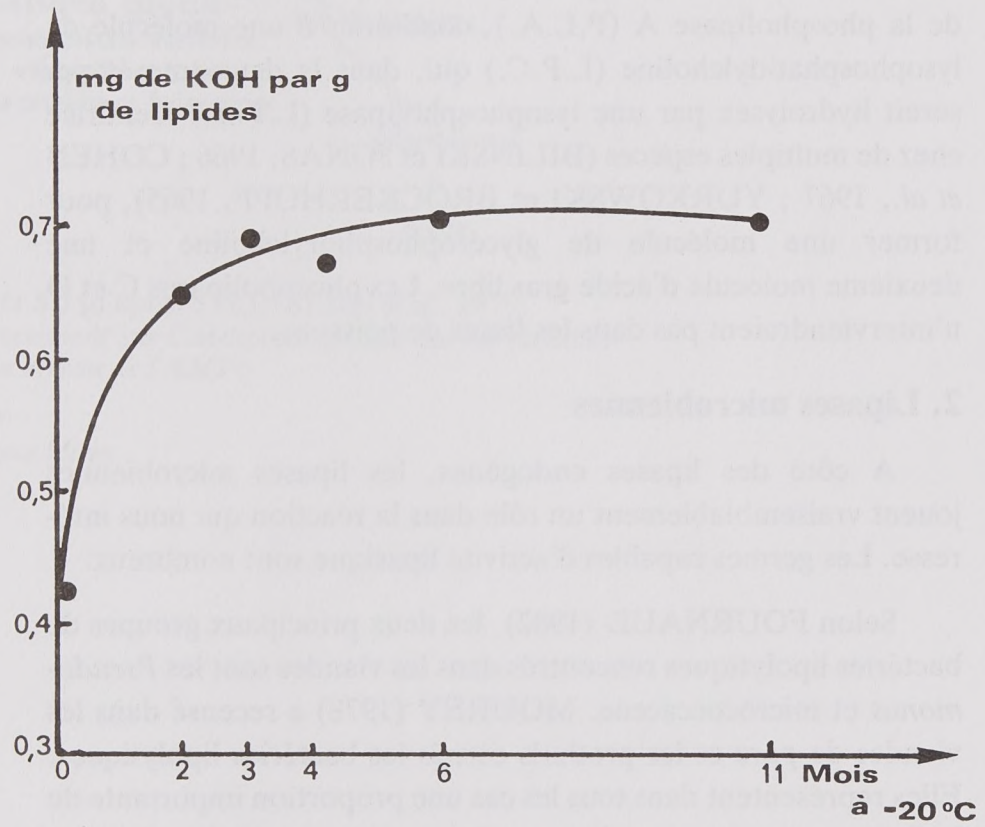


FIG. 4 : *Evolution de la teneur en A.G.L. du gras de bardière stocké à - 20° C* (d'après GIRARD *et al.*, 1983)

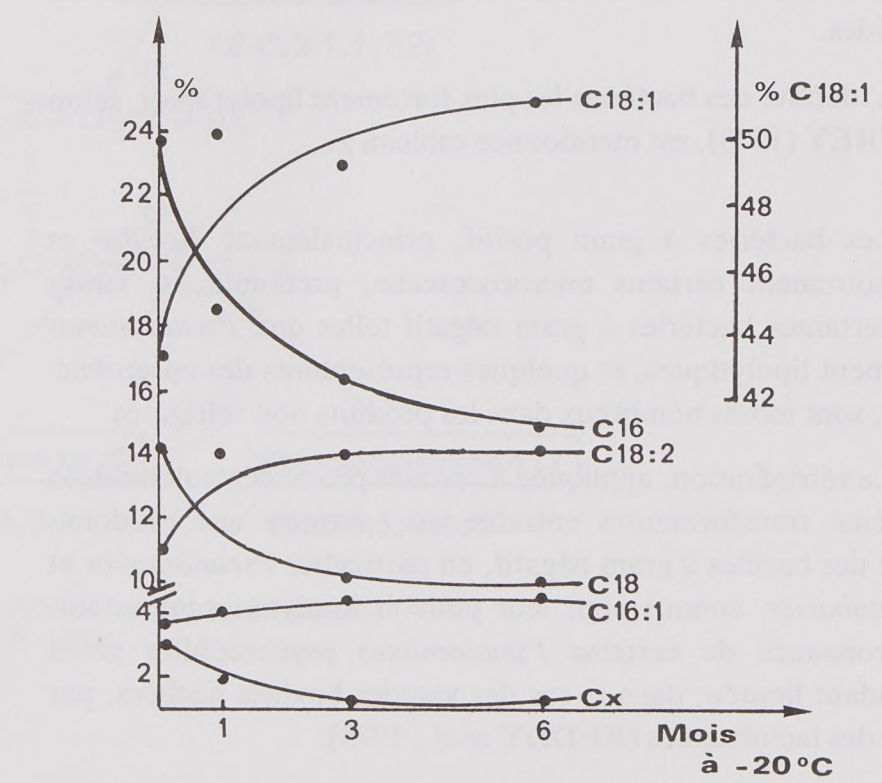


FIG. 5 : *Evolution de la composition en acides gras libres, en pourcentage des acides, des lipides extraits de gras de bardière stocké à - 20° C.* (d'après GIRARD *et al.*, 1983)

Au niveau du tissu musculaire, l'étude de la réaction de lipolyse a tout d'abord porté sur les « viandes » de poisson (OLLEY *et al.*, 1962). Cette réaction a en effet, très tôt, été tenue pour responsable en grande partie de l'altération de la qualité de ces viandes. Autolytique, elle affecte à - 20° C, les lipides de la « viande » stérile de morue, selon OLLEY et LOVERN (1960), et serait inhibée par la chaleur. Le temps qui s'écoule entre la mort de l'animal et la congélation, ainsi que le mode de stockage en cours de cette période, sont déterminants sur la cinétique de cette réaction à l'état congelé (HILZ *et al.*, 1976 ; DENG, 1978).

L'examen des travaux publiés jusqu'alors révèle bien l'aspect contradictoire des résultats. C'est ainsi que OLLEY et LOVERN (1960) et OLLEY et WATSON (1969) ont démontré que l'accumulation d'acides gras libres s'accompagnait d'une diminution de la teneur en phospholipides, 75 p.100 des acides gras libres proviendraient des phospholipides et seulement 25 p.100 des triglycérides (ADDISON *et al.*, 1969). Cette réaction s'effectuerait sous l'influence d'une phospholipase de type A (AUDLEY *et al.*, 1978). A l'encontre, BOSUND et GANROT (1969) ont montré, toujours dans le cas des « viandes » de poisson, que les triacylglycérols s'hydrolysaient plus rapidement que les phospholipides.

Un constat analogue peut être dressé au niveau des viandes de bœuf. Si l'unanimité se fait autour de l'importance des réactions, trois écoles se distinguent cependant quant à la nature des substances lipidiques concernées par la réaction. HOOD et ALLEN (1971) considèrent pour leur part, à partir de résultats relatifs à la composition des acides gras libres générés, que l'hydrolyse s'effectue aux dépens des deux groupes de lipides. IGENE *et al.* (1981) et VALIN *et al.* (1975) estiment, à partir de résultats d'analyse portant sur les lipides neutres et polaires, que la majeure partie des transformations affecte les phospholipides selon les premiers auteurs, et les triglycérides selon les seconds.

Pour SKLAN *et al.* (1983b), l'idée qu'ils se font de la réaction d'hydrolyse, dans leur étude relative aux viandes de dinde, est en partie conforme à celle de HOOD et ALLEN (1971), ils émettent en outre l'hypothèse d'une réestérification de certains acides gras libres masquant ainsi les modifications au niveau des triglycérides.

Enfin, dans des stockages prolongés, DJORDJEVIC *et al.* (1980) et SKLAN et TENNE (1984) constatent respectivement, sur des viandes de poulet et des viandes de porc, une augmentation de la teneur en A.G.L. s'accompagnant corrélativement d'une diminution de la teneur en phospholipides. Sur ce point, il est permis de penser qu'entre en jeu la deuxième réaction responsable de la dégradation *post mortem* des lipides, l'oxydation, dont nous aborderons l'étude ultérieurement. A l'appui de ce résultat, GIRARD *et al.* (1983) ont étudié les cinétiques de lipolyse dans des viandes hachées de taurillon et de vache. Ces auteurs n'ont pas observé, parmi les acides gras libérés au cours du stockage au froid, la présence d'acides gras polyinsaturés de la fraction phospholipides. Une telle constatation peut s'expliquer par la grande oxydabilité de ces acides, en raison de leur degré d'insaturation élevé. Ce point est cependant contesté comme nous le verrons ultérieurement.

Deux dernières remarques méritent d'être faites. En plus des effets espèce et stress *ante mortem,* antérieurement mentionnés, on peut dégager un effet muscle, les viandes provenant de muscles blancs étant beaucoup moins sensibles à l'hydrolyse des constituants lipidiques que celles provenant de muscles sombres. Cette remarque est à rapprocher d'un fait bien connu lors de la maturation de la viande : les ATPases myofibrillaires, stimulées par le calcium, sont plus actives dans les muscles blancs que dans les muscles rouges caractérisés par une plus grande aptitude à séquestrer les ions Ca^{++} dans le réticulum sarcoplasmique. L'effet de ces ions sera précisé ultérieurement lors de l'étude des paramètres influençant la cinétique de la réaction.

Enfin GIRARD et RENERRE (1983) ont constaté qu'au cours de l'opération de cuttérage, une formation progressive de metmyoglobine s'opérait au détriment du pigment de la viande : la myoglobine. Cette formation est d'autant plus accentuée que l'opération se déroule en présence de gras lipolysé. les A.G.L., entre autres facteurs, peuvent êtrc ainsi tenus en partie pour responsables de la dégradation de ce pigment. Cette constatation confirme celle faite antérieurement par GOVINDARAJAN *et al.* (1977) sur la relation entre vitesse d'oxydation du pigment et présence de lipase.

La première conclusion que l'on peut tirer, avant l'étude des paramètres influençant la cinétique de la réaction de la lipolyse, est l'imbroglio qui réside d'une part, dans les origines de la réaction et d'autre part, au niveau des agents impliqués.

4. Facteurs influençant la réaction de lipolyse

L'influence de la lipolyse sur la flaveur spécifique des viandes d'espèces différentes, ainsi que sur d'éventuelles flaveurs neutres, voire désagréables, explique l'intérêt qu'il y aurait à moduler les effets de cette réaction en cours de conservation des viandes et produits carnés. Pour ce faire, il est nécessaire avant tout de connaître avec précision la nature des facteurs responsables de l'action plus ou moins prononcée des lipases.

Les facteurs à prendre en compte sont ceux classiques à toute réaction enzymatique, mais également à toute croissance microbienne.

a) Température

La température de stockage de la viande et des produits carnés est le premier facteur que nous allons considérer. Comme toutes les réactions enzymatiques, la lipolyse voit sa cinétique augmentée par une élévation de température (fig. 6). Il convient cependant de nuancer ce propos en signalant qu'au-dessus d'une certaine température, les lipases sont dénaturées, cette constatation se traduit sur le plan pratique par le fait que le gras de porc est conservé sous forme de saindoux, après chauffage et fonte. Outre la dénaturation des lipases, l'action de la chaleur permet l'élimination de l'eau et des matières volatiles. A l'inverse, les basses températures, si elles ralentissent la réaction, ne l'inhibent pas totalement ; en effet, comme nous le verrons ultérieurement, aux températures classiques de conservation à l'état congelé (- 18, - 20° C), l'activité de l'eau est telle qu'elle permet le déroulement de la réaction.

Comme ont pu le constater GIRARD *et al.* (1983), la conservation du tissu adipeux à + 3° C, sans autre précaution, s'accompagne du développement en surface des moisissures à activité lipolytique.

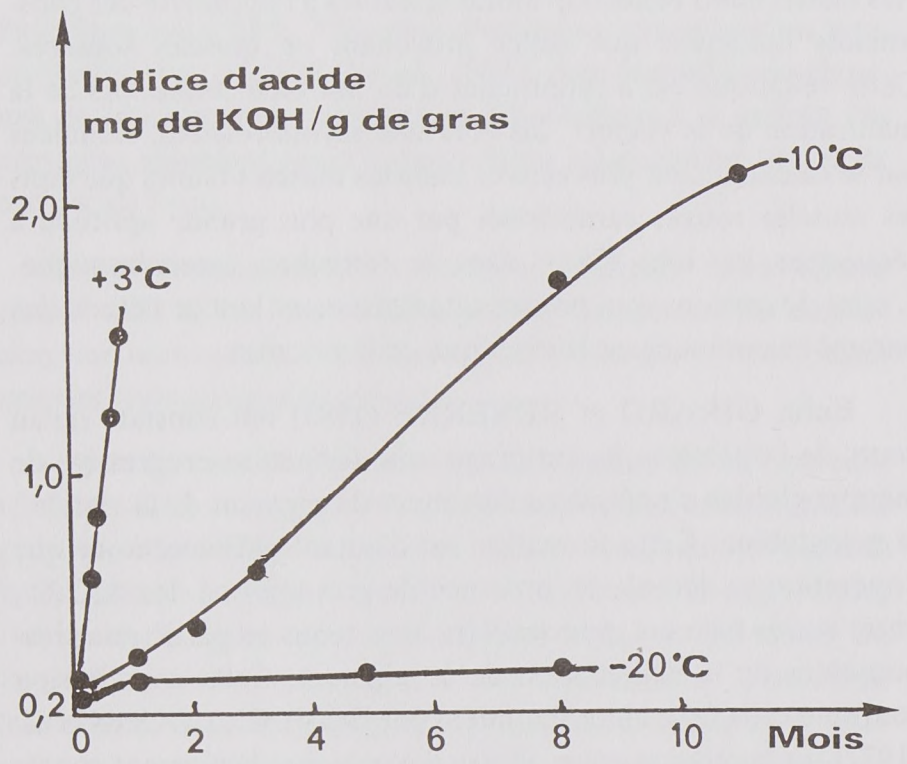


FIG. 6 : *Evolution de la teneur en A.G.L. du tissu adipeux de porc en cours de conservation à différentes températures* (d'après GIRARD *et al.*, 1983)

Enfin, il convient de signaler, toujours relativement aux effets du paramètre, qu'une activation peut être consécutive à la congélation dans le cas de la phospholipase A (OLLEY et LOVERN, 1960), à des fluctuations de température et à une congélation lente dans le cas de la lipase lysosomale de la truite arc-en-ciel (GEROMEL et MONTGOMERY, 1980).

b) Activité de l'eau

Ce concept revêt une importance prépondérante tant en biochimie qu'en microbiologie. L'examen de la figure 7, tirée des travaux de CAILLAT et DRAPRON (1974), révèle que l'activité de l'eau exerce un effet marqué sur l'activité de la lipase du blé. Le fait saillant qui ressort de l'examen de cette figure est que, contrairement aux autres enzymes, la lipase reste active à des valeurs d'aw très faibles (0.2) lorsque le substrat est liquide. Dans ces éventualités, la quantité d'A.G.L. formés croît linéairement avec l'aw (fig. 8). L'interprétation qu'en fournit DRAPRON (1972) est la suivante : « Parmi les molécules d'eau les plus fortement fixées, considérées comme participant à la structure conformationnelle active de la protéine enzymatique, certaines sont directement impliquées dans la réaction d'hydrolyse. Leur fixation par liaison hydrogène constituerait donc l'étape préliminaire de la catalyse enzymatique. Dans cette zone d'activité de l'eau, il apparaît ainsi que le rôle unique de l'eau est celui du substrat ».

POTTHAST (1977, 1982) a montré, à l'appui des travaux de CAILLAT et DRAPRON (1974) que pour des milieux carnés, donc solides, contrairement à la dégradation de l'ATP, pratiquement inhibée à 25 p.100 d'humidité relative, la lipolyse se poursuit en milieu peu hydraté (fig. 9). De même, KOIZUMT *et al.* (1978) ont vérifié que lipases et phospholipases restaient actives dans les « viandes » de poisson lyophilisées.

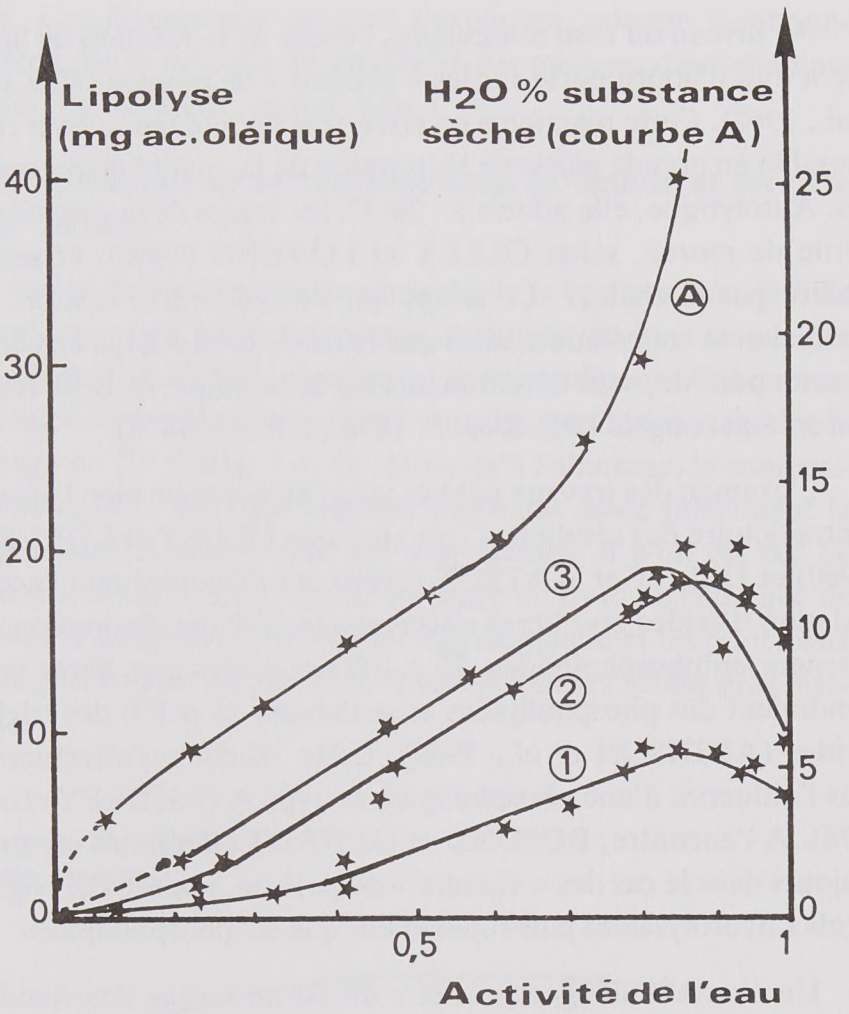


FIG. 7 : *Evolution de la quantité d'acides gras libérés dans un mélange de son de blé et d'huile d'olive, au bout de 72 h, en fonction de l'activité de l'eau, à 20° C (courbe 1), 30° C (courbe 2), 40° C (courbe 3)*
L'isotherme de sorption du mélange enzyme substrat est représenté par la courbe A.
Cette illustration a été réalisée par CAILLAT et DRAPRON (1974) dans une étude portant sur la lipase du blé.

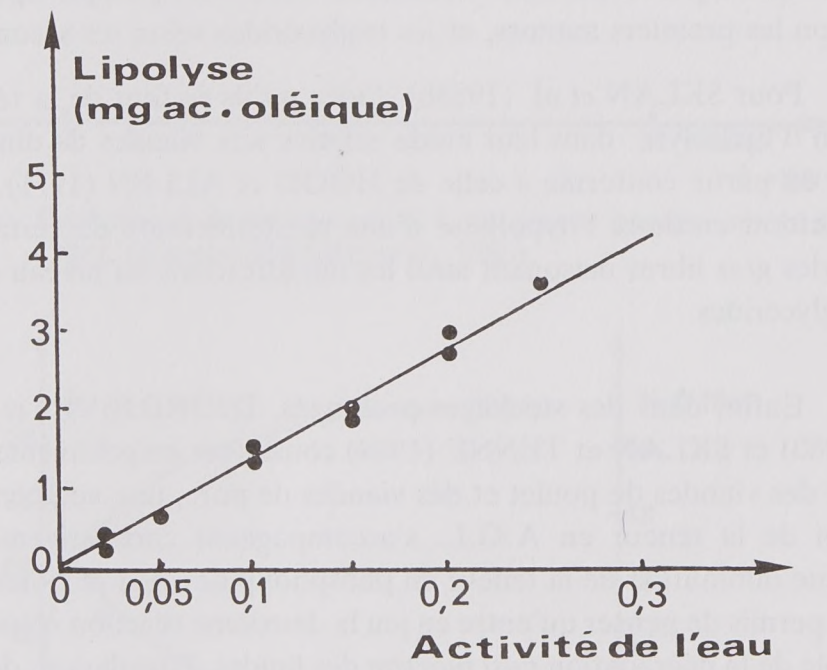


FIG. 8 : *Evolution de la quantité d'acides gras (exprimée en mg d'acide oléique) libérée au bout de 72 h aux très faibles activités de l'eau à 30° C. Etude réalisée dans le cas de la lipase du son de blé par CAILLAT et DRAPRON (1974)*

Au-delà des faibles valeurs d'aw mentionnées précédemment, l'intensité de la réaction de lipolyse augmente. En effet, des quantités d'eau croissantes assurent une mobilité plus importante aux réactants et favorisent les contacts enzyme-substrat (CAILLAT et DRAPRON, 1974). Cette constatation générale s'accompagne cependant d'une restriction au voisinage de la valeur 1. On observe alors une inhibition partielle qui peut rece-

voir son explication par la difficulté de formation du complexe enzyme-substrat en raison de l'hydrophobicité du substrat.

Nous signalons enfin que, sur le plan pratique, les procédés de conservation, saumurage, séchage, congélation, ont en grande partie pour fondement une diminution de la valeur de l'aw.

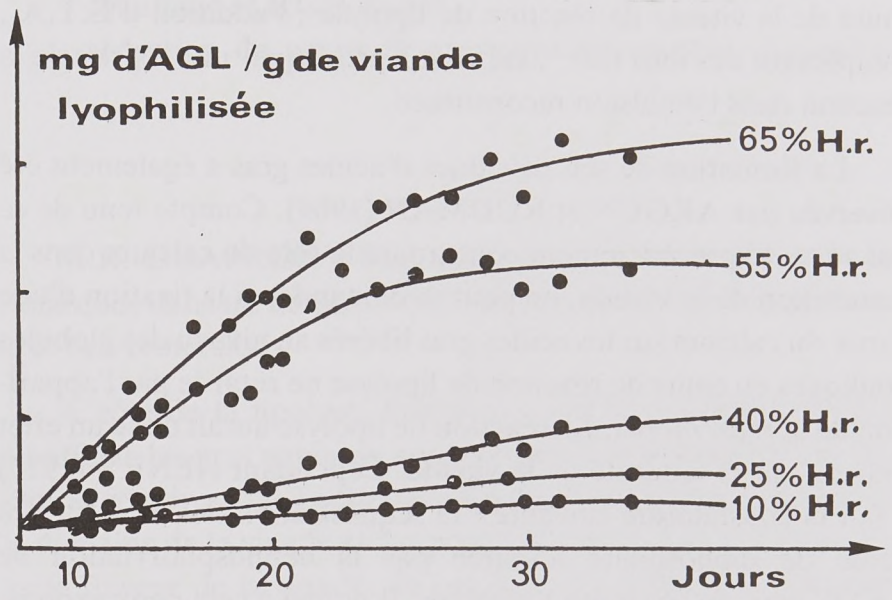


FIG. 9 : *Influence de l'activité de l'eau sur la dégradation enzymatique des lipides intramusculaires dans la viande lyophilisée en prérigor, stockée à différentes humidités relatives (10, 25, 40, 55, 65 p.100)*
(d'après POTTHAST, 1977-1982)

c) pH

Peu de données bibliographiques précisent le domaine de pH dans lequel les lipases manifestent une activité optimale. Ce paramètre influence cependant l'état d'ionisation de l'enzyme, donc son activité catalytique.

La plupart des lipases ont une activité optimale dans un domaine de pH compris entre des valeurs de 8 et 9. Nous pouvons illustrer cette affirmation par la figure 10. Dans certains cas cependant, des domaines d'activité optimale différents de celui pré-cité ont été mis en évidence ; cette remarque est relative aux lipases lysosomales extraites des muscles de truite arc-en-ciel, caractérisées par des activités maximales dans des domaines de pH respectivement compris entre 4.2 - 4.3 et 7.8 (GEROMEL et MONTGOMERY, 1980). Il est difficile de déterminer avec certitude le pH d'action des lipases. Les modifications de pH peuvent en effet modifier l'état d'agrégation ou de dispersion d'une émulémulsion, et de ce fait l'aire interfaciale entre phases dispersée et dispersante. Plus cette aire est vaste, plus l'activité est élevée.

d) Nature du milieu

Il est d'usage de différencier les activités estérase et lipase. Cette différenciation repose sur la nature du milieu réactionnel, sur la solubilité du substrat.

La première de ces activités, faible, se développe sur un substrat soluble et répond aux lois de l'enzymologie classique. Au-delà de la limite de solubilité, le facteur de variation de l'activité à prendre en considération est l'aire interfaciale entre les différentes phases de l'émulsion. Dans ce cas, c'est la lipase, beaucoup plus active, qui entre en jeu (fig. 11). D'après SARDA et DESNUELLE (1958), cette enzyme, dont l'action se développe en milieu hétérogène à l'interface entre phase aqueuse et esters insolubles, est une estérase particulière. A l'inverse des hypothèses classiques, il faut supposer que la lipase est adsorbée par le globule lipidique.

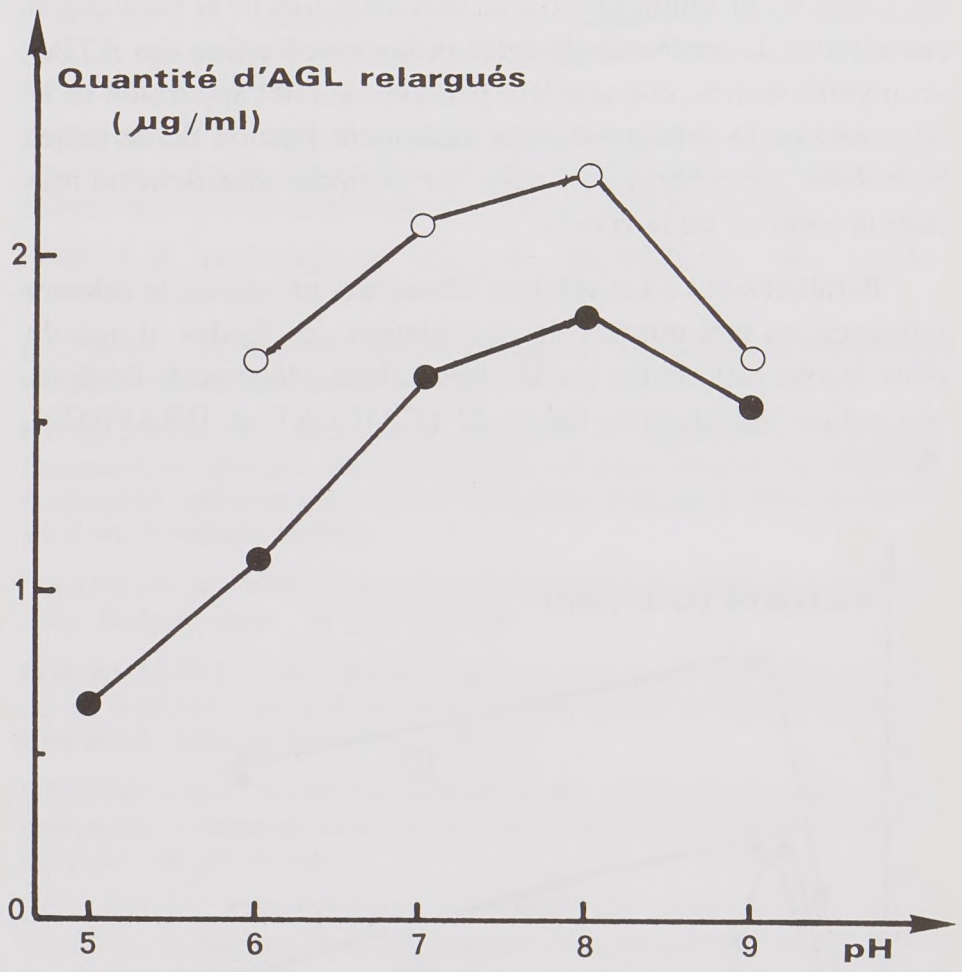


FIG. 10 : *Influence du pH sur l'activité lipolytique du cytosol (○——○) et d'agrégats lipoprotéiques (●——●).*
(d'après SKLAN *et al.*, 1983)

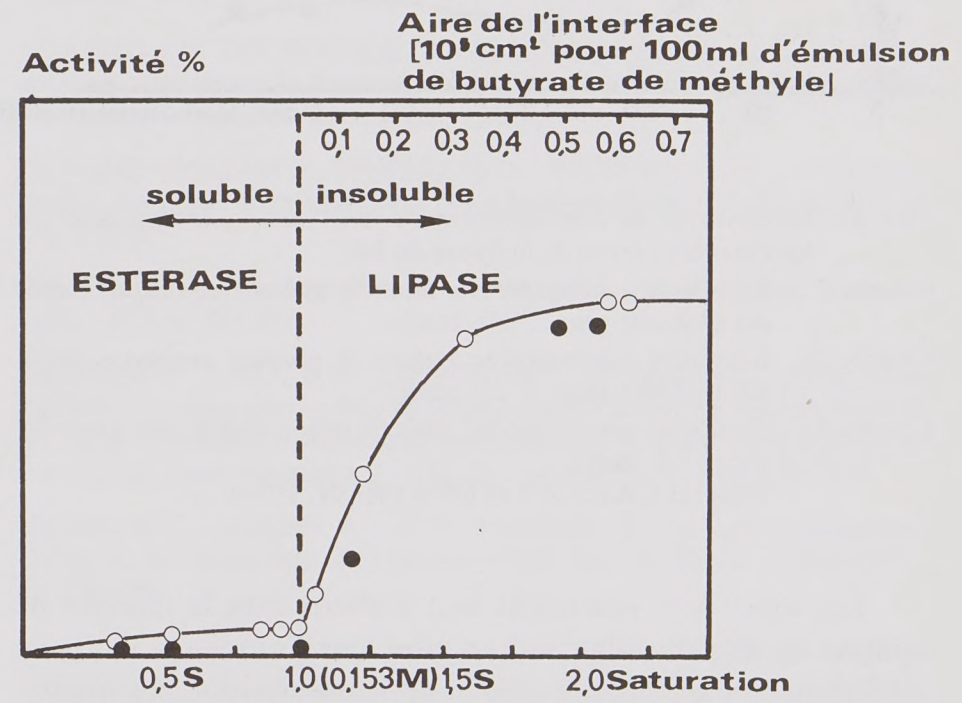


FIG. 11 : *Activité de la lipase pancréatique sur le butyrate de méthyle en fonction de la quantité du substrat utilisé*
(d'après SARDA et DESNUELLE, 1958)

e) Force ionique

Elle résulte de la présence d'ions Ca^{++} dont l'effet est traité ci-après, et de celle de chlorure de sodium. L'action du sel sur les tissus adipeux sera traité dans un chapitre ultérieur. Nous pouvons dire cependant à ce niveau qu'il entraîne une augmentation de la force ionique et un abaissement de la valeur de l'aw. De ce fait, les cinétiques des réactions enzymatiques et microbiennes sont modifiées.

f) Influence des ions Ca^{++}

Ces ions jouent un rôle prépondérant dans les mécanismes

des réactions biochimiques qui se déroulent lors de la maturation des viandes. La présence de calcium favorise l'action des ATPases myofibrillaires, elle accélère par conséquent l'apparition de la *rigor mortis,* le calcium stimule également l'action de certaines hydrolases intervenant *post rigor.* Ce composé joue donc un rôle dans la tendreté de la viande.

Parallèlement à cet effet au niveau des protéines, le calcium influence les mécanismes de dégradation des lipides, il agit de deux façons différentes sur la vitesse de la réaction de lipolyse, son action est illustrée figure 12 (CAILLAT et DRAPRON, 1974).

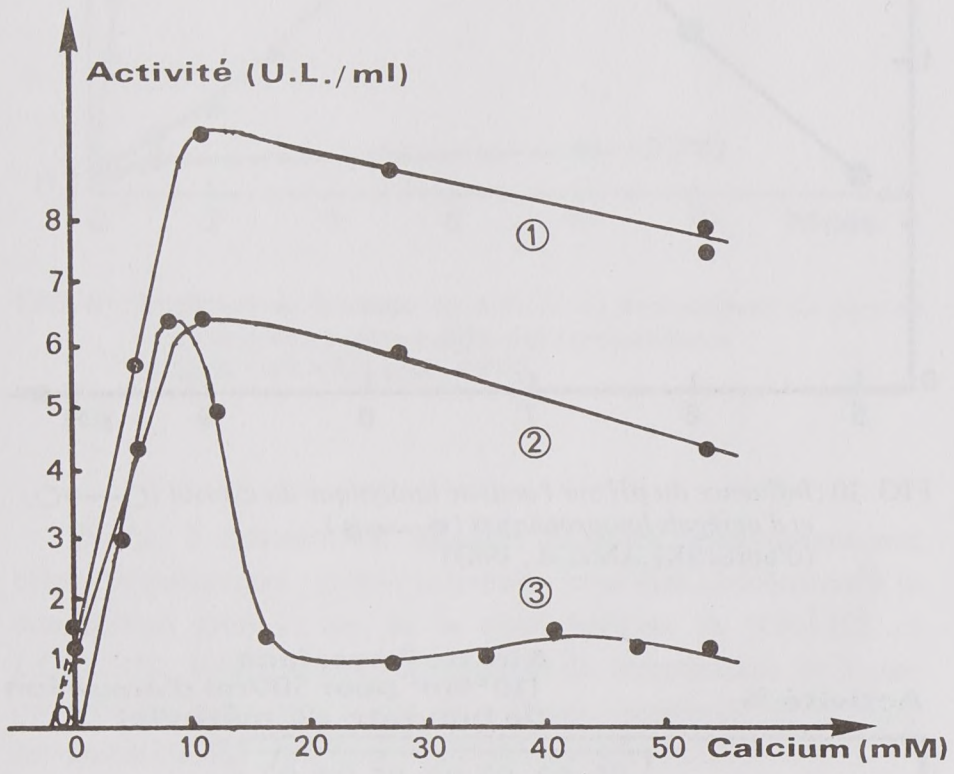


FIG. 12 : *Influence de la concentration en ions Ca++ sur la vitesse de lipolyse dans le cas de la lipase du blé.*

Courbe 1 : *Emulsion « homogène » dans la gomme arabique (taille des globules gras : 5-10 µm).*

Courbe 2 : *Emulsion « hétérogène » dans la gomme arabique (taille des globules gras : 5-25 µm).*

Courbe 3 : *Emulsion dans l'alcool polyvinylique (taille des globules gras : 1-2 µm)*
(d'après CAILLAT et DRAPRON, 1974)

Les ions Ca^{++} joueraient tout d'abord dans la réaction de lipolyse un rôle de cofacteur, en effet leur fixation sur l'enzyme est indispensable pour que celle-ci devienne active. La manifestation d'une faible activité, à concentration en calcium théoriquement nulle, dans le cas d'émulsions stabilisées par de la gomme arabique, ne s'explique que par la présence dans ce produit de traces de calcium.

Le second rôle imparti aux ions Ca^{++} concerne en fait tous les ions divalents présents dans les viandes et les produits carnés, tels que Mg^{++}. En effet, l'action inhibitrice de certains acides gras libres à longue chaîne et insaturés (voir plateau de la fig. 4), sur l'activité de la lipase, est bien connue, elle est rapportée par ALFORD *et al.* (1971). D'après ces auteurs, l'addition d'ions divalents tels que Ca^{++} lève en partie l'inhibition, ce qui permet une reprise de la réaction de lipolyse. CAILLAT et DRAPRON (1974) expliquent ce phénomène en disant que les ions « nettoient » l'interface eau-lipide des acides gras libérés en formant des savons insolubles dans l'eau et solubles dans les globules lipidiques. Cette théorie permet de comprendre pourquoi la lipolyse devient plus intense lorsque la concentration en ions Ca^{++} augmente, une certaine concentration en calcium est requise pour que la réaction soit optimale. Il convient de signaler que dans le cas de l'émulsion préparée dans l'alcool polyvinylique cependant, une trop forte teneur en calcium, donc une force ionique trop élevée, entraîne une rupture de l'émulsion, et par conséquent une chute de la vitesse de réaction de lipolyse ; l'addition d'E.T.A., complexant des ions Ca^{++}, suffirait à provoquer une reprise de la réaction dans l'émulsion reconstituée.

La formation de sels calciques d'acides gras a également été observée par AKGÜN et RUDMAN (1969). Compte tenu de ce qui a été dit précédemment concernant le rôle du calcium dans la maturation de la viande, on peut se demander si la fixation d'une partie du calcium sur les acides gras libérés au niveau des globules lipidiques en cours de réaction de lipolyse ne retarde pas l'apparition de la *rigor mortis.* La réaction de lipolyse aurait donc un effet indirect sur la tendreté de la viande. Cependant HENRY (1972) a fait la constatation suivante : la séquestration des ions Ca^{++} à l'aide de diphosphate n'inhibe pas la déphosphorylation de l'ATP, mais au contraire l'accélère. Il donne à cela deux explications possibles : soit l'ATPase myofibrillaire activée par le calcium n'est pas l'agent essentiel d'hydrolyse de l'ATP lors de la maturation de la viande, soit les ions Ca^{++} n'ont pas un effet direct simple à interpréter, il faut considérer l'ensemble des ions, et non pas les ions Ca^{++} seuls. Le rôle du calcium est donc complexe, et ne permet pas de relier avec précision lipolyse et tendreté des viandes.

g) Nature de l'atmosphère de stockage

Il est permis de penser, selon GIRARD *et al.* (1983) que la lipolyse en anaérobiose est plus intense qu'en aérobiose. Ce résultat, acquis sur un nombre réduit d'échantillons semble confirmé par les travaux de IGBINEDION *et al.* (1983). Des résultats d'essais de stockage de gras fortement contaminés par des microorganismes vont dans le même sens. Selon DRAPRON, la question reste posée de savoir si cette lipolyse plus importante est due aux microorganismes anaérobies ou à une libération de lipases exogènes dans ces conditions d'anaérobiose.

h) Effet du hachage

Dans les tissus en l'état, la structure compartimentée permet de limiter les interactions entre les différents composants et de soustraire dans une certaine mesure les lipases à leur substrat. C'est ainsi que la comparaison de « viandes » en l'état et hachées de morue révèle que la fragmentation a un effet positif sur la cinétique de la lipolyse (WADA *et al.,* 1976). Une constatation analogue a pu être faite à partir de colin (HILTZ *et al.,* 1976 ; LALL *et al.,* 1975).

Conclusion

Nous avons vu que les implications de la réaction de lipolyse sur deux qualités organoleptiques de la viande, couleur et tendreté, sont respectivement soit manifestes soit présumées. Nous verrons par la suite, lors de l'étude du déterminisme de la flaveur, que cette réaction occupe une place essentielle eu égard à cette qualité. Nous avons résumé sous forme de tableau synoptique

(tabl. 4) les paramètres influençant la cinétique de la lipolyse. Les moyens de prévention contre les effets de cette réaction se situent à 4 niveaux principalement :

- élimination le plus rapidement possible de l'eau présente,
- action du froid,
- chauffage et action du sel,
- réduction du temps de stockage des matières premières.

* *
*

M.R. DRAPRON a bien voulu nous faire bénéficier de ses remarques dans un domaine où il est reconnu comme spécialiste, nous l'en remercions.

A côté de la lipolyse, l'oxydation est la deuxième réaction qui affecte les gras animaux *post mortem*. Les considérations rapportées relativement à cette réaction sont celles plus particulières au domaine de la viande et des produits carnés. Les conséquences sur la flaveur de la viande, de ces deux réactions sont discutées.

Les autres grands chapitres de cette synthèse(1), ceux figurant dans le tableau introductif à cette publication, sont les suivants :

- action de la chaleur,
- action d'une atmosphère contrôlée (les produits secs),
- action de la fumée,
- action mécanique,
- action du sel et des ingrédients associés.

Références bibliographiques

ADDISON R.F., ACKMAN R.G., HINGLEY J., 1969. Free fatty acids of herring oils : possible derivation from both phospholipids and triglycerides in fresh herring. *J. Fish Res. Board Can.,* **26,** 1577.

AKGÜN S., RUDMAN D., 1969. Relationship between mobilization of free fatty acids from adipose tissue and the concentrations of calcium in the extracellular fluid and in the tissue. *Endocrinology,* **84** (4), 926-930.

ALFORD J.A., PIERCE D.A., SUGGS F.G., 1964. Activity of microbial lipases on natural fats and synthetic triglycerides. *J. Lipid Res.,* **5,** 391-394.

ALFORD J.A., SMITH J.L., LILLY H.D., 1971. Relationship of microbial activity to changes in lipids of foods. *J. appl. Bacteriol.,* **34** (1), 133-146.

ALIFAX R., 1979. Etude de la lipolyse chez quelques levures isolées de denrées alimentaires variées. *Ann. Technol. agricul.,* **28** (3), 255-272.

AUDLEY M.A., SHETEY K.J., KINSELLA J.E., 1978. Isolation and properties of phospholipase A from pollock muscle. *J. Food Sci.,* **43** (6), 1771-1775.

BILINSKI E., JONAS R.E.E., 1966. Lecithinase activity in the muscle of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) *J. Fish Res. Can.,* **23,** 207-220.

BLOQUEL R., 1980. Application de la technique potentiométrique continue à pH constant à la mesure de l'activité enzymatique lipolytique bactérienne de *P. fluorescens. Rev. fr. Corps gras,* **(3),** 131-135.

BOSUND I., GANROT B., 1969. Lipid hydrolysis in frozen baltic herring. *J. Food Sci.,* **34,** 13.

(1) Cette synthèse sera disponible soit auprès de l'APRIA - 35, rue du Général Foy, 75008 Paris, soit auprès de la CDIUPA CERDIA - 91305 Massy

CAILLAT J.M., DRAPRON R., 1974. La lipase du blé. Caractéristiques de son action en milieux aqueux et peu hydraté. *Ann. Technol. agric.,* **23** (3), 273-286.

CHILLIARD Y., 1980. Variations physiologiques des activités lipasiques et de la lipolyse spontanée dans les laits de vache, de chèvre et de femme. Revue bibliographique, *Le Lait,* **62,** 1-31 et 126-154.

COHEN H., HAMOSH M., ATIA R., SHAPIRO B., 1967. Lysolecithinase in fish muscle. *J. Food Sci.,* **32,** 179-181.

DENG J.C., 1978. Effect of iced storage on free fatty acid production and lipid oxidation in mullet muscle. *J. Food Sci.,* **43,** 337-340.

DJORDJEVIC V., BUCAR F., DJUJIC I., RADOVIC N., 1980. Phospholipid changes during freezing of pork treated by different mechanical and heat procedures. *European Meeting of Meat Research Workers,* Colorado Springs.

DRAPRON R., 1972. Réactions enzymatiques en milieu peu hydraté. *Ann. Technol. agric.,* **21** (4), 487-499.

FOURNAUD J., 1982. Types de germes rencontrés aux différents stades de la filière, dans « Hygiène et Technologie de la Viande fraîche », CNERNA, éditions du CNRS, 109-132.

GEROMEL E.J., MONTGOMERY M.W., 1980. Lipase release from lysosomes of rainbow trout muscle subjected to low temperature. *J. Food Sci.,* **45** (3), 412-415.

GIRARD J.P., DENOYER C., LE MESTE M., SIMATOS D., 1983. Etude de la lipolyse dans les graisses intramusculaires et de dépôt (porc) en relation avec la flaveur et les propriétés physiques. Compte-rendu de fin d'études d'une recherche financée par la DGRST, décisions d'aide nº 78 7 0623 et 78 7 0624.

GIRARD J.P., RENERRE M., 1983. Les altérations chimiques occasionnées par le cuttérage de la viande : les moyens d'y remédier. *Sci. Aliments,* **3** (1), 37-52.

GIRARD J.P. TOURAILLE C., 1985. Revue des facteurs *ante* et *post mortem* influençant la flaveur de la viande et celle des produits carnés. II. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **60,** 92-97.

GOVINDARAJAN S., HUITIN H.O., KOTULA A.W., 1977. Myoglobin oxidation in ground beef : mechanistic studies. *J. Food. Sci.,* **42** (3), 571-577.

HENRY M., 1972. Enzymes et tendreté des viandes. *Ann. Technol. agric.,* **21** (3), 385-422.

HILTZ D.F., LALL B.S., LEMON D.W., DYER W.J., 1976. Deteriorative changes during frozen storage in fillets and minced flesh of silver hake (*Merluccius bilinearis*) processed from round fish held in ice and refrigerated sea water. *J. Fish Res. Board Can.,* **33,** 2560-2567.

HOOD R.L., ALLEN E., 1971. Influence of sex and *post mortem* aging on intramuscular and subcutaneous bovine lipids. *J. Food Sci.,* **36,** 786-790.

IGBINEDION J.E., CAHILL V.R., OCKERMAN H.W., VANSTAVERN B.D., 1983. Effects of packaging method, display light and storage time on the microbial growth and rancidity of fresh pork. *J. Food Sci.,* **48,** 848-852.

IGENE J.O., PEARSON A.M., GRAY J.I., 1981. Effects of length of frozen storage cooking and holding temperatures upon component phospholipids and the fatty acid composition of meat triglycerides and phospholipids. *Food Chem.,* **7,** 289-303.

JONAS R.E.E., BILINSKI E., 1967. Glycerylphosphorylcholin and related compounds in rainbow trout muscle stored at - 4º C. *J. Fish Res. Board Can.,* **24,** 273-280.

KOIZUMI C., IIYAMA S., WADA S., NONAKA J., 1978. Lipid deteriorations of dried fish meats at different equilibrium relative humidities. *Bull. jpn. Soc. sci. Fish.,* **44,** 209-216.

MAI J., KINSELLA J.E., 1979. Lipid composition of dark and white muscle from white sucker (*Catostomus commersoni*). *J. Food Sci.,* **44,** 1101-1105.

MOUREY A., 1978. Données sur la quantité et la qualité des bactéries lipolytiques dans les produits à base de viande. *Ann. Nutr. Aliment.,* **32,** 843-855.

MOUREY A. ABOUKHEIR S., KILBERTUS G., 1977. Pouvoirs hydrolytiques de levures isolées de produits carnés, lipolyse. *Ind. agric. aliment.*, **1,** 35-41.

OLLEY J., LOVERN J.A., 1960. Phospholipid hydrolysis in cod flesh stored at various temperatures. *J. Sci. Food Agric.*, **11,** 644.

OLLEY J., PIRIE R., WATSON H., 1962. Lipase and phospholipase activity in fish skeletal muscle and its relationship to protein denaturation. *J. Sci. Food Agric.*, **13,** 501.

OLLEY J., WATSON H., 1969. Phospholipase activity in herring muscle : in « *First International Congress of Food Science and Technology* » vol. 1, Ed. Leitch J.M., 327. Gordon and Breach Sci. Publ., New York.

PAULET G., MESTRES G., CRONENBERGER L., 1974. Le goût de savon dans les produits alimentaires : effet de la lipase du poivre blanc. *Rev. fr. Corps gras,* **11,** 611-615.

POTTHAST K., 1977.Haltarkeit, Herstellung und Verarbeitung von gefriergetrocknetem Fleisch. *Die Fleischwirtsch,* **62** (1), 30-37.

REDDY S.G., CHEN M.L., PATEL P.J., 1975. Influence of lactic cultures on the biochemical, bacterial and organoleptic changes in beef. *J. Food Sci.*, **40,** 314-318.

ROUS S., 1977. Régulation de l'activité des enzymes de la lipolyse et de la lipogénèse dans le tissu adipeux. *Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **17,** 807-825.

SAITO Y., OKUDA H., FUJII S., 1974. Studies on lipolysis in lipid micelles isolated from adipose tissue. *J. Biochem.*, **75,** 1327-1330.

SARDA L., DESNUELLE P., 1958. Action de la lipase pancréatique sur les esters en émulsion. *Biochim. Biophys. Acta* **30,** 513-521.

SHEWFELT R.L., 1981. Fish muscle lipolysis. A review. *J. Food Biochem.*, **5,** 79-100.

SKLAN D., TENNE Z., 1984. Changes in the lipid fractions and bacteriological counts in chilled broiler meat. *Poult. Sci.*, **63,** 76-81.

SKLAN D., HALEVY O., BUDOWSKI P., 1983a. Lipolysis in turkey muscle : association in lipid hydrolase activities with zinc and copper metalloproteins in a high molecular weight lipid-protein aggregate. *J. Food Sci.*, **48,** 15-18.

SKLAN D., TENNE Z., BUDOWSKI P., 1983b. The effect of dietary fat and tocopherol on lipolysis and oxidation in turkey meat stored at different temperatures. *Poult. Sci.*, **62,** 2017-2021.

STEINBERG D., MAYER S.E., KHOO J.C., MILLER E.A., MILLER R.E., FREDHOLM B., EICHNER R., 1975. Hormonal regulation of lipase, phosphorylase and glycogen synthase in adipose tissue. Advances in Cyclic Nucleotide Research, 5, edited by G.I. Drummond, P. Greengard and G.A. Robinson, Raven Press, New York.

VALIN C., PALANSKA O., GOUTEFONGEA R., 1975. Etude de la qualité des viandes de bovin. I. Etude biochimique de la maturation des viandes de taurillon. *Ann. Technol. agric.*, **24** (1), 47-64.

VAN DEN BOSCH H., 1982. Phospholipases, in « Phospholipids Editors » J.N. Hawthorne and G.B. Ansell, Elsevier Biomedical Press, 313-357.

VAUGHAN M., BERGER J.E., STEINBERG D., 1964. Hormone sensitive lipase and monoglyceride lipase activities in adipose tissue. *J. Biol. Chem.*, **239** (2), 401-409.

WADA S., KOIZUMI G., NONAKA J., 1976. A comparison of lipid deterioration in minced and sliced cod flesh during storage at 0° C. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **42,** 595-599.

WISE L.S., JUNGAS R.K., 1978. Evidence for a dual mechanism of lipolysis activation by epinephrine in rat adipose tissue. *J. Biol. Chem.*, **253,** 8, 2624-2627.

YURKOWSKI M., BROCKERHOFF H., 1965. Lysolecithinase of cod muscle. *J. Fish Res. Board Can.*, **22,** 643-652.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (62) 93-102

La translocation 1-29 chez les bovins : distribution, effets, procédure d'éradication

J.L. FOULLEY et J. FREBLING
avec la collaboration de J.J. CHAMBEYRON
INRA-CRZ, Station de Génétique quantitative et appliquée
78350 Jouy-en-Josas

La translocation 1-29, anomalie chromosomique la plus fréquente chez les bovins, est le résultat de la fusion dans la région du centromère des deux autosomes 1 et 29, les autosomes (chromosomes non sexuels) étant répertoriés selon leur longueur décroissante ; elle concerne donc le plus long et le plus court des autosomes.

En 1964, GUSTAVSSON et ROCKBORN la découvraient pour la première fois dans la race Pie Rouge Suédoise ; en 1966, elle fut observée en Norvège (AMRUD et NES, Rouge Norvégienne), aux Etats-Unis (HERSCHLER et FECHHEIMER) puis en Italie (RUGIATI et FEDRIGO, 1967, Romagnole), R.F.A. (RIECK *et al.*, 1968), France (POPESCU, 1971), Grande- Bretagne (HARVEY, 1971), Afrique du Sud (NEL *et al.*, 1985, Nguni).

Il peut être estimé (POPESCU, 1984) qu'elle existe actuellement sur tous les continents ; selon la mise au point publiée par GUSTAVSSON en 1979, cette anomalie a été mise en évidence dans 40 races ; on la retrouve non seulement dans les races améliorées mixtes et à viande d'origine européenne mais aussi chez les taurins d'Asie (race Siamoise de Thaïlande) et d'Afrique (Baoulé, Kuri, N'Dama) chez des zébus (Côte d'Ivoire, Afrique du Sud), ainsi que chez des animaux croisés *Bos taurus* × *Bos indicus*.

I. Bilan du dépistage

A partir des analyses effectuées par les trois laboratoires français (Ecoles nationales vétérinaires de Lyon et Toulouse, Laboratoire de Cytogénétique de Jouy-en-Josas, INRA-UNCEIA) et des documents que MM. FROGET, DARRE, POPESCU ont mis à notre disposition, nous avons pu établir le bilan des résultats observés sur les races françaises depuis le début du fonctionnement des laboratoires (1971) jusqu'à la fin 1984.

Ce bilan est reporté sur le tableau 1 et complété par les résultats répertoriés par GUSTAVSSON (1979) ainsi que par des résultats supplémentaires relatifs aux races Angus et Simmental, la première n'apparaissant pas dans l'inventaire de 1979.

Ces résultats concernent essentiellement des mâles destinés à être utilisés par les coopératives d'insémination artificielle ; les femelles, d'effectifs limités, correspondent à des animaux nés dans des domaines de la Génétique appliquée, à un dépistage effectué sur les races Corse et Vosgienne, enfin à des femelles de type Pie Noir ayant fait l'objet de recherche de chimérisme au cours des dernières années. 74 femelles issues de trois taureaux transloqués dont 1 homozygote ont été retirées de ces statistiques (2 Montbéliards et 1 Charolais).

Parmi les races les plus affectées selon ces statistiques, on notera la population Corse (39 p.100), la race italienne Romagnole (32 p.100) ; nos trois races à viande françaises spécialisées sont touchées par l'anomalie : la fréquence est particulièrement élevée en race Blonde d'Aquitaine (plus de 20 p.100) et cette race contribue essentiellement à celle des souches spécialisées pour le croisement (COOPELSO 93, INRA 95), nettement moindre en race Limousine (6,9 p.100) et en race Charolaise où le taux (4,1 p.100) se situe à un niveau comparable à ceux enregistrés dans différents rameaux « Pie Rouge » : montbéliard (2,1 p.100), anglais (2,7 p.100), hongrois (2,8 p.100) et suisse (3,2 p.100).

Il faut faire mention de l'absence de détection de l'anomalie en races à viande Hereford et Angus ainsi que dans les races traites Normande, Maine-Anjou et surtout en races Frisonne et Holstein où près de 4.000 animaux (tabl. 1) ont été caryotypés sans détecter aucun porteur ; n'en avoir décelé aucun sur 4.000 correspond à un risque inférieur à 2,5 p.100 de ne pas détecter une anomalie de fréquence 1 p.1000 ; à ce niveau, le bon sens voudrait qu'on en déduise qu'il est inutile en pratique de caryotyper les taureaux Pie-Noir ; la faiblesse des effectifs observés en races Abondance, Pie Rouge des Plaines, Tarentaise sans détection de porteurs ne permet évidemment pas une telle conclusion :

nous envisagerons, à l'occasion du chapitre sur l'éradication, les effectifs à proposer pour pouvoir dire qu'une race est indemne avec un risque d'erreur supportable.

II. Incidence de la translocation

1. Rappels sur la méiose et conséquences

La translocation 1-29 à l'état hétérozygote entraîne des perturbations structurelles et, donc potentiellement, fonctionnelles des gamètes et des embryons suite au déroulement spécial de la méiose chez de tels animaux. Ces phénomènes ont été analysés et décrits par les cytogénéticiens, notamment par les équipes de GUSTAVSSON en Suède et POPESCU en France. Le lecteur non spécialiste désireux de se documenter sur le sujet pourra, par exemple, se reporter utilement à la mise au point de CRIBIU et POPESCU publiée en 1980 dans les fascicule 4 et volume 156 de la *Revue Médecine vétérinaire*. Il nous est apparu, toutefois, important de rappeler le schéma de la méiose chez un hétérozygote 1-29 et celui de la formation des zygotes suite à un accouplement avec un individu normal (fig. 1). On constate ainsi qu'un seul type de ségrégation conduit à 2 gamètes « équilibrés » aboutissant à la formation d'un zygote viable, soit normal, soit porteur de la translocation dans la même proportion (GUSTAVSSON, 1969 ; POPESCU, 1973). Les quatre autres types de gamètes possibles (fig. 1) sont déséquilibrés et donnent après fusion avec un gamète normal des mono ou trisomiques (ayant 1 ou 3 exemplaires du même chromosome respectivement) 1 ou 29. Jusqu'à une époque récente, on n'avait jamais observé ces formules chromosomiques aberrantes ; le schéma restait donc théorique. La mise en évidence récente sur des embryons très jeunes (13 j ou moins) non implantés de monosomiques 1 (POPESCU, 1980) et trisomiques 1 (KING *et al.*, 1980) démontre la faisabilité du schéma ; elle indique clairement que les gamètes déséquilibrés, en l'occurence les spermatozoïdes dans les travaux rapportés, peuvent être fécondants ; elle avalise en outre le rôle joué par la mortalité embryonnaire précoce dans la baisse de fertilité qu'on a pu observer sur certains géniteurs mâles porteurs de l'anomalie à l'état hétérozygote. Nous nous sommes malheureusement rendus compte que ces **phénomènes étaient quasi méconnus** chez les ingénieurs et techniciens de l'amélioration génétique ainsi que chez

TABLEAU 1

Fréquence de la translocation 1-29 dans diverses races bovines
(Gustavsson 1979) ; (Darré 1984, Froget 1985, Popescu et Cribiu 1985)
(Communications personnelles)

Race	Effectif	Nombre de porteurs (a)	Fréquence (P.100)	Pays (références supplémentaires)
Blonde d'Aquitaine	340	74(1)	21,8	(
Coopelso 93 (b)	124	24(2)	19,4	)
INRA 95 (b)	64	7(1)	10,9	(
Gasconne	117	10	8,5	) FRANCE
Limousine	391	27	6,9	(
Charolaise	556	23(1)	4,1	)
Romagnole	122	39	32,0	
Pie Rouge Suédoise	944	120	12,4	SUEDE
Montbéliarde	862	18	2,1	FRANCE
Simmental	40	0	0	FRANCE
	654	21	3,2	SUISSE
	531	15	2,8	HONGRIE, Kovacs, 1984
	113	3	2,7	R.U.
	485	7	1,5	ROUMANIE, Ciupercescu, 1984
	100	0	0	R.F.A.
Brown Swiss	430	1	0,2	SUISSE
	224	3	1,3	U.S.A.
	52	0	0	FRANCE
Normande	325	0	0	(
Maine-Anjou	82	0	0	) FRANCE
Frisonne et Holstein	)1991	0	0	(
	(1934	0	0	ETRANGER
Ensemble .	3925	0	0	Ensemble Pie Noir
Hereford	602	0	0	AUSTRALIE
	06	0	0	FRANCE
Angus	181	0	0	AUSTRALIE, R.U., U.S.A. (c)
Abondance	55	0	0	(
Aubrac	1	0	0	)
Armoricaine et Pie Rouge				(
des Plaines	21	0	0	) FRANCE
Corse	61	24(7)	39,3	(
Tarentaise	19	0	0	)
Vosgienne	81	1	1,2	(

(a) ( ) Nombre de porteurs homozygotes parmi le total rapporté.
(b) Animaux issus de croisements entre reproducteurs de races à viande (les porteurs ont presque toujours une origine Blonde).
(c) Halnan, 1976; Harvey, 1974;Feichheimer, 1973;

Données pratiquement toujours obtenues sur des mâles sauf pour les races Hereford, Corse (45 femelles), Vosgienne (73 femelles), Maine-Anjou (43 femelles).

les responsables des centres d'insémination artificielle. Il n'est pas étonnant alors qu'ils aient pu si facilement se convaincre de la doctrine selon laquelle seule la fertilité des géniteurs femelles porteurs hétérozygotes de la translocation (donc filles de certains des taureaux) serait affectée, celle des mâles étant normale. Qu'en est-il exactement ?

2. Incidence de la translocation sur la fertilité des taureaux porteurs de l'anomalie

a) Généralités et résultats suédois

Il y a finalement assez peu de données sur le sujet ; on les trouve essentiellement en Suède, en Norvège et en France. Plus grave est le fait que beaucoup d'entre elles sont **contradictoires** selon les pays et les races. Ces données sur les taux de Non Retour [(N.R.) : critère couramment admis comme mesure de l'effet sur la fertilité] s'avèrent aussi souvent très limitées en nombre et surtout facilement biaisées par l'incidence d'autres facteurs (notamment la sélection). Malgré le particularisme biologique, humain, structurel en un mot national de la Suède, les travaux qui y ont été conduits par GUSTAVSSON et son équipe et l'application qui en a été faite, méritent par leur sérieux de retenir notre attention. Dans son travail fondamental publié en 1969, GUSTAVSSON n'observait pas d'effet de la translocation 1-29 à l'état hétérozygote chez les taureaux de la race Pie Rouge Suédoise sur le taux de conception de ceux-ci après la première I.A. Ces taureaux présentaient également une libido et des caractéristiques spermatiques qualitatives et quantitatives normales. Reprenant l'étude ultérieurement en 1979 sur 12 taureaux hétérozygotes (8000 I.A.) et 45 normaux (65 000 I.A.), mais cette fois avant toute sélection de ceux-ci sur le taux de N.R., il confirmait pratiquement ses conclusions antérieures sur la libido et les caractéristiques du sperme (volume, motilité des spermatozoïdes similaires mais concentration légèrement réduite pour les 1-29).

Concernant cette fois la fertilité, il observait :

- une réduction des taux de N.R. à 28 et 56 j de 4,85 et 7,02 points respectivement chez les hétérozygotes 1-29 par rapport aux normaux ;

- une élimination significativement beaucoup plus importante à l'issue du test de fertilité (550 doses) pratiqué par le centre d'I.A. chez les porteurs hétérozygotes (75 p.100 ; 9 sur 12) que chez les taureaux normaux (6,7 p.100 ; 3 sur 45). Les résultats étaient donc clairs. La translocation 1-29 à l'état hétérozygote a

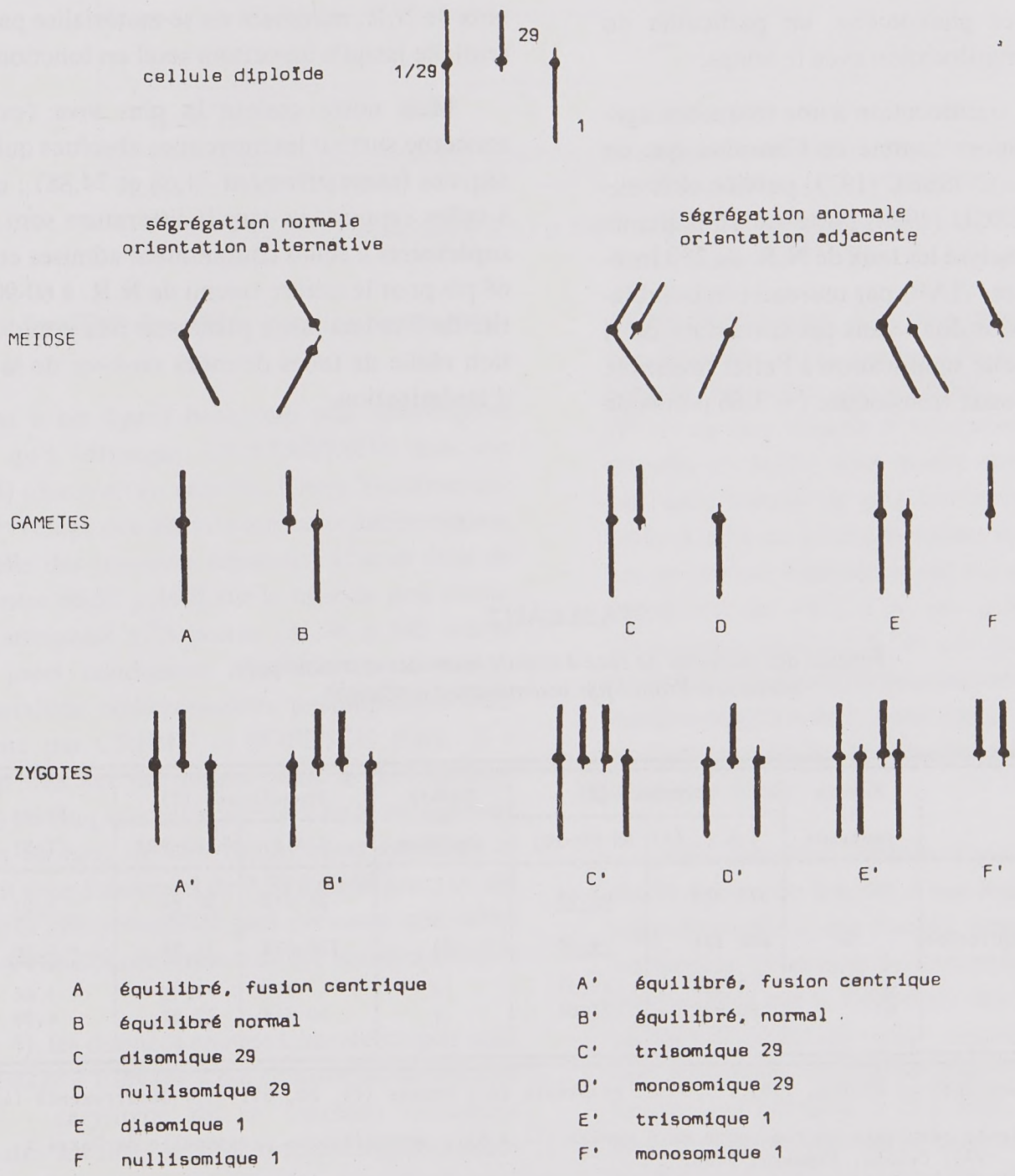


FIG. 1 : *Méiose, formation des gamètes et fécondation à partir d'un hétérozygote 1-29* (Cossec, 1973 reproduit de Gustavsson, 1969)

réellement un effet défavorable sur la fertilité des taureaux porteurs en race Pie Rouge suédoise ; cet effet est en partie masqué sur les taureaux de service du fait de la très forte sélection sur le taux de N.R. pratiqué par les centres. Le rôle de la mortalité embryonnaire précoce, initialement avancé puis observé ultérieurement grâce au caryotypage des embryons, s'accorde bien avec les données zootechniques, point besoin n'est donc d'avoir recours, comme chez le mouton, à une sélection gamétique pour expliquer les faits pourvu qu'ils soient rigoureusement établis.

b) Résultats français

Assez peu de résultats ont été publiés sur le sujet en France. Les principales communications ont été rassemblées au tableau 2 pour trois races à viande. En race Charolaise, aucun résultat n'a été publié à notre connaissance. Celui qui est donné ici ne concerne malheureusement que le seul taureau Istamboul comparé sur trois années et quatre départements aux autres taureaux normaux Charolais de l'unité concernée soit 26 010 et 379 363 IAP respectivement. Généralement, **le taureau transloqué manifeste un très net handicap de fertilité de 9,5 points** sur le taux de non retour à 60-90 j. D'après les chiffres annuels fournis par l'unité, l'écart de fertilité d'Istamboul à la moyenne de la race s'est amenuisé avec le temps : -10,9 ; -9,3 ; -5,9 et -5,6 en 1979, 80,81, 82 respectivement. Tant de facteurs peuvent intervenir dans les variations annuelles des résultats (particuliers d'un taureau et d'ensemble des coopératives) qu'il serait dangereux de conclure définitivement sur ce phénomène, en particulier en faveur d'un effet réduit de la translocation avec le temps.

En race Limousine, où la translocation a une fréquence également assez faible, on ne dispose comme en Charolais que de peu d'informations. L'étude de COSSEC (1973) publiée ultérieurement par CRIBIU et POPESCU (1980) porte sur 16 taureaux dont 2 transloqués dont on a analysé les taux de N.R. de 250 Inséminations Artificielles Premières (IAP) par taureau (vraisemblablement de testage). On ne peut donc dans ces conditions de si faible effectif attribuer une réelle signification à l'effet favorable trouvé en faveur de deux taureaux transloqués (+ 3,66 points de taux de non retour à 60-90 j). D'ailleurs, QUEINNEC *et al.* en 1974 sur des effectifs beaucoup plus importants (4 transloqués ayant réalisé 30 918 IAP) trouvaient un résultat tout à fait contraire, nettement en défaveur des porteurs de l'anomalie aussi bien à 30-60 j (-4,4 p.100) qu'à 60-90 j.

Un bilan d'envergure sur 6 années (1977 à 1982 inclus) a été entrepris récemment par DARRE et RAZUNGLES auxquels nous devons la communication des résultats non encore publiés ; le tableau joint (tabl. 2) concerne les reproducteurs ayant réalisé au moins 400 I.A. premières en race pure Blonde d'Aquitaine (58 normaux et 14 transloqués). Les résultats font apparaître un gain de fertilité très faible et non significatif de 0,2 pt en taux de N.R. 60-90 jours pour les taureaux porteurs ; c'est manifestement l'étude la plus importante vis-à-vis des effectifs qui ait été réalisée en France (respectivement 420.000 et 123.000 IAP pour les deux groupes de taureaux), voire dans le monde, sur le sujet.

A la lumière des pratiques concrètes de mise en place des I.A., en particulier vis-à-vis du choix du taureau par l'éleveur ou l'inséminateur, des sources sérieuses de biais risquent d'entacher significativement l'estimation de la faible différence obtenue ; il est de fait - et l'étude de GUSTAVSSON le montrait bien - que toute action de sélection sur la fertilité des taureaux tend à faire sous-estimer les différences, si elles existent, de fertilité entre types de taureaux ; cette action de sélection est pratiquée sur un taux de N.R. minimum ou se matérialise par une utilisation différentielle jusqu'à un certain seuil en fonction de ce taux.

Mais notre crainte la plus vive (exprimée aux auteurs) concerne surtout les moyennes absolues qui nous ont été communiquées (respectivement 74,68 et 74,88) ; ces valeurs comparées à celles rapportées dans la littérature sont, en effet, **de très loin supérieures** à celles couramment admises et comprises entre 67 et 68 pts pour le critère retenu de N.R. à 60-90 jours ; cette supériorité de 7 points laisse planer un très grand doute sur la signification réelle de telles données vis-à-vis de la fertilité des taureaux d'insémination.

TABLEAU 2

Fertilité des taureaux de race à viande normaux et transloqués utilisés en France par insémination artificielle

	Nombre de taureaux	Normaux (N)		Nombre de taureaux	Transloqués (T)		Ecart
		I.A.P. (4)	NR 60-90j		I.A.P.	NR 60-90j	(T-N)
(1) Charolaise		379 363	67.35	1	26 010	57.84	- 9.51
(2) Blonde d'Aquitaine	58	420 121	74.68	14	122 698	74.88	+ 0.20
(3) Limousine	a) 14	3 535	67.52	2	510	71.18	+ 3.66
	b)	90 622	77.01	4	30 918	72.62	- 4.39

(1) Beaumard, Gastinel et Florin, 1983 : 1 ♂ T; résultats de 3 années (79, 80, 81) et 4 départements (44, 49, 72, 79).
(2) Unité Midatest; résultats en race pure de 6 années (77 à 82), communication personnelle de Darré R.
(3) a) Cossec, 1973; Cribiu, Popescu, 1980.
b) Queinnec et al., 1974; taux de non retour à 30-60j.
4) Insémination Artificielle Première.

TABLEAU 3

Fertilité des femelles

GUSTAVSSON, 1969, race Pie Rouge Suédoise

	Taux de NR (%)	
	56 j	273 j
a) 8216 génisses issues de 26 taureaux normaux tt	66.97	57.54
b) 7655 génisses issues de 23 taureaux hétérozygotes Tt	64.12	51.76
Ecart b) - a) = d/2	- 2.85	- 5.78**
Ecart réel : femelle porteuse - femelle normale (d)	- 5.70	-11.56**

REFSDAL, 1976, race Rouge Norvégienne

	Taux de NR (%)			
	0-30 j	30-60 j	60-90 j	180-270 j
a) 610 714 filles (pères normaux tt)	91.3	71.6	65.7	62.6
b) 21 212 filles (5 taureaux hétérozygotes Tt)	90.7	68.7	61.2	57.5
Ecart b) - a) = d/2	-0.6*	-2.9***	-4.5***	-5.1***
Ecart réel (d)	-1.2*	-5.8***	-9.0***	-10.2***

Ecart b) - a) $\frac{(Tt) + (tt)}{2} - (tt) = \frac{(Tt) - (tt)}{2} = d/2$

*,**,***, Différence significative à 5,1 p.100 et 1 p.1000 respectivement

3. Incidence sur la fertilité des filles des taureaux porteurs

Les résultats sont à cet égard beaucoup plus convergents aussi bien en France qu'à l'étranger. GUSTAVSSON dans son étude de 1969 (tabl. 3) observait en race Pie Rouge Suédoise une chute de fertilité au 1er vêlage des filles de taureaux hétérozygotes 1-29 par rapport à celle des taureaux normaux. L'écart était de 2,85 points (64,12 contre 66,97 p.100) sur le taux de non retour jusqu'à 56 jours et atteignait 5,78 points (51,76 p.100 contre 57,54 p.100) à 273 jours conduisant ainsi l'auteur à mettre l'accent sur des mortalités embryonnaires postimplantatoires. REFSDAL (1976) cité par CRIBIU et POPESCU (tabl. 3) a retrouvé ce handicap très net de fertilité dans la descendance femelle (21 212 filles) de cinq taureaux porteurs de la race Rouge Norvégienne. L'écart de taux de non retour entre normaux et porteurs augmenterait pour l'essentiel de 0-30 à 60-90 jours ce qui implique des mortalités embyronnaires plus précoces que celles postulées par GUSTAVSSON (différence de 5,1 points à 180-270 jours).

En France (tabl. 4), les données en race Charolaise sont relatives à une série de testage « Elevage » qui comportait un taureau homozygote (fig. 2 - caryotype de ce taureau, document POPESCU) dont toutes les filles se sont révélées effectivement porteuses. Les résultats font état d'un moins bon taux de réussite des I.A. à la 1ère intervention (27,7 contre 50,9 p.100 soit -23,2 points) d'où la nécessité, du fait des retours en chaleur plus fréquents des génisses, d'un plus grand nombre d'I.A. pour obtenir une gestation (3,27 contre 2,05 soit +1,22 I.A. par gestation). L'étude rapportée par COSSEC (1973) et QUEINNEC *et al.* (1974) en race Blonde d'Aquitaine s'appuie au contraire sur une enquête en ferme dans quatre départements concernant la descendance femelle de cinq taureaux porteurs hétérozygotes comparée à celle de quatre taureaux normaux. Les mêmes phénomènes qu'en race Charolaise ont été mis en évidence avec des écarts enregistrés de +0,57 I.A. par gestation, -27,5 p.100 de taux de fécondation en 1ère I.A. et une augmentation de 15 p.100 de la proportion de femelles demandant 3 I.A. et plus. Ce handicap de fertilité pourrait être notoirement sous-estimé du fait que seuls les bulletins d'I.A. **des femelles fécondées** avaient été dépouillés dans cette étude.

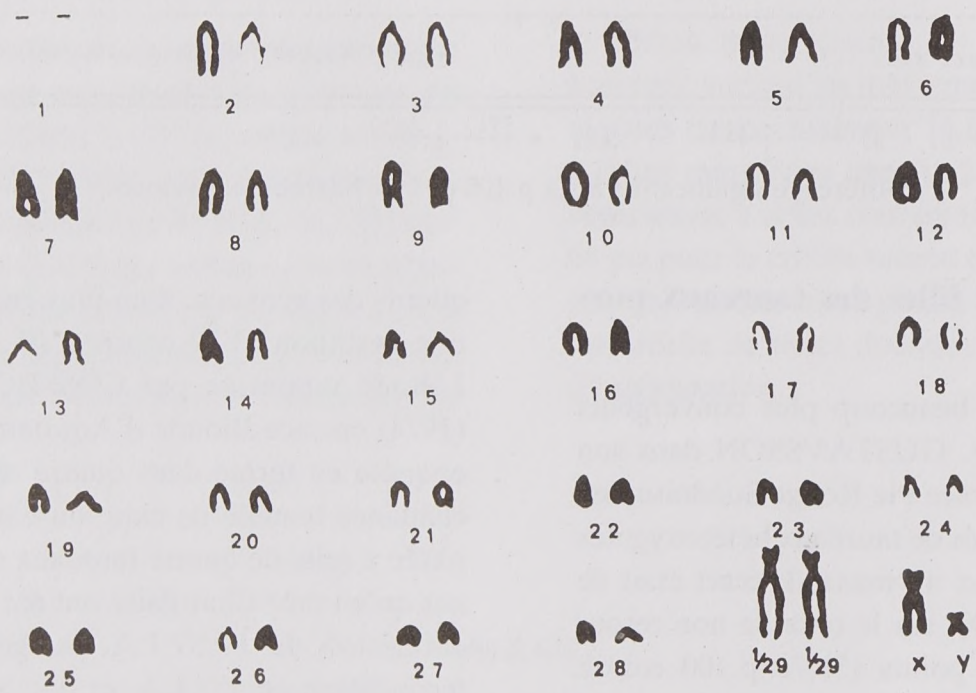
Globalement à l'échelle d'une population, cette chute individuelle (soit s) de fertilité d'une femelle porteuse hétérozygote par rapport à celle d'une femelle normale voire homozygote, induit un fardeau génétique de l'anomalie dont l'ampleur est égale au produit de s par la fréquence des porteuses hétérozygotes. Pour un taux de gestation réduit d'environ 12 points, on aboutit dans une population touchée nettement par l'anomalie à l'état hétérozygote (par exemple, à 15 p.100), à une diminution de 1,8 point de la fertilité du seul fait de cette anomalie ; c'est loin d'être négligeable eu égard à la marge de manœuvre génétique très étroite dont on dispose sur ces caractéristiques de fertilité (cf. III, éradication).

TABLEAU 4

Effets de la translocation sur la fertilité des filles des taureaux de race à viande utilisés en France par insémination artificielle

Race	Critère	Taureaux		Différence (P-N)	Référence
		Normaux	Porteurs		
CHAROLAISE	Nombre de pères	9	1 (a)		
	Nombre de génisses inséminées	167	18		
	Nombre d'I.A. par gestation	2.05	3.27	1.22**	Cossec, 1973.
	% fécondations à la 1ère I.A.	50.9	27.7	- 23.2	
BLONDE	Nombre de pères	4	5 (b)		
	Nombre de filles	71 (c)	138 (c)		Cossec, 1973
	Nombre d'I.A. par gestation	1.39	1.96	+ 0.57**	
	% fécondations à la 1ère I.A.	74.6	47.1	- 27.5 *	Queinnec et al., 1974
	% de femelles ayant eu 3 I.A. ou plus	10 %	25 %	+ 15 %	

(a) taureau homozygote dont toutes les filles sont porteuses (données obtenues en station).
(b) taureaux hétérozygotes dont en moyenne la moitié des filles sont porteuses.
(c) les chiffres correspondent aux femelles fécondées dont seules les données ont été analysées dans cette étude.
*,** différence significative à 5 et 1 p.100 respectivement.



Les chromosomes sont examinés au microscope et photographiés; ils sont ensuite découpés sur la photographie afin d'être appariés; l'appariement est réalisé en fonction de la longueur décroissante des autosomes, les chromosomes sexuels figurant en dernière position (Mâle XY dans le cas présent).

Sur la photographie ci-dessus les 2 chromosomes 1 sont absents et ont fusionné au niveau des centromères avec les 2 chromosomes 29 (animal homozygote).

Les chromosomes fusionnés ressemblent à un chromosome sexuel X plus long.

FIG. 2 : *Caryotype du taureau Charolais* (Animal homozygote pour la translocation), document aimablement transmis par P. POPESCU

Pour nous résumer, il est apparu au travers de cette étude des conclusions contradictoires en ce qui concerne la fertilité des mâles porteurs hétérozygotes ; si on se limite aux deux études les plus importantes soit celle de GUSTAVSSON (1979) en race Pie Rouge Suédoise et de DARRE *et al.* (comm. pers.) en race Blonde d'Aquitaine, l'handicap de fertilité des porteurs hétérozygotes s'avère nettement défavorable dans le premier cas (- 5 à 7 points) et nul (+ 0,2 point) dans le second ; toutefois il serait prématuré de conclure dans cette dernière population, pour les raisons précédemment invoquées et par généralisation dans les autres races à viande françaises, à l'absence de l'effet de l'anomalie sur la fertilité des taureaux notamment avant un examen attentif et chiffré des conditions de sélection et d'utilisation des taureaux de service suivant leur taux de N.R. Dans les autres races, Charolaise et Limousine il n'existe pas d'estimation fiable de l'incidence sur la fertilité des mâles.

En ce qui concerne la fertilité des filles des taureaux porteurs hétérozygotes, toutes les études s'accordent à reconnaître l'incidence nettement défavorable de l'anomalie (GUSTAVSSON, 1969 Pie Rouge Suédoise ; REFSDAL, 1976 Rouge Norvégienne). Il apparait à travers ces études que l'handicap de fertilité supporté par la descendance femelle d'un taureau porteur est de l'ordre de 5 à 5,5 points soit 10 à 11 points de moins individuellement pour une femelle porteuse ; cet effet défavorable est significatif ou non dans certaines études à effectifs plus réduits que celles citées ci-dessus (ZAHNER et TSCHUDI, 1979, Simmental ; BETANCOURT *et al.*, 1982, Santa Gertrudis ; BLAZAC et ELDRIDGE, 1977, Brown Swiss ; SUCCI *et al.*, 1980, Romagnole ; MAURER et VOGT, 1985).

Même si l'information française publiée à cet égard porte sur des effectifs très réduits et sous-estime peut-être l'handicap de fertilité, il n'est pas raisonnable de proposer à la profession un protocole de mesure de ces effets en raison des moyens humains et financiers nécessaires sur une longue période (6 ans au moins). Une des mesures à mettre en œuvre et actuellement en cours serait l'estimation par sondage (2000 génisses) de la fréquence de l'anomalie chez les mères à taureaux potentielles de race Blonde d'Aquitaine (génisses soumises au contrôle de performance et n'ayant encore fait l'objet d'aucune sélection après mise à la reproduction) de façon à pouvoir apprécier sa diffusion réelle dans les élevages et son impact potentiel au niveau de la fertilité de l'ensemble de la population.

Face aux dangers indéniables que fait courir la translocation lorsque celle-ci est diffusée par I.A. il y a lieu d'appliquer dans ce cadre **une politique très stricte d'éradication de la 1-29 dans toute race reconnue atteinte** et cela, eu égard aux préjudices manifestés de l'anomalie quelles que soient l'origine du phénomène (CHEVALET *et al.*, 1984) et la procédure de détection des porteurs (FOULLEY et FREBLING, 1985).

III. Eradication

L'idée à retenir est qu'elle doit être menée aussi bien dans les races où l'anomalie est peu présente (2 à 3 p.100) que dans celles où sa fréquence est élevée (15 p.100 et plus) ; dans la première situation, le coût sera en effet réduit tandis que dans la seconde la répercussion économique qu'elle entraîne est telle qu'elle justifie un coût plus élevé pour éliminer les reproducteurs atteints.

A notre connaissance la position des pays vis-à-vis de l'anomalie est diverse depuis l'absence totale de réglementation aussi bien pour l'utilisation des animaux nés dans le pays que pour l'importation jusqu'à une réglementation stricte et ancienne (Suède, 1970, GUSTAVSSON) ; cette diversité peut d'ailleurs parfois s'expliquer par la fréquence de l'anomalie parmi les races du pays considéré (Royaume Uni : absence de la translocation dans les races Pie Noir, Hereford et Angus et par là même chez les femelles croisées entre la première et les deux autres, utilisées en allaitantes) ce qui n'empêche pas d'ailleurs le Royaume Uni d'exiger l'absence de l'anomalie pour les reproducteurs importés.

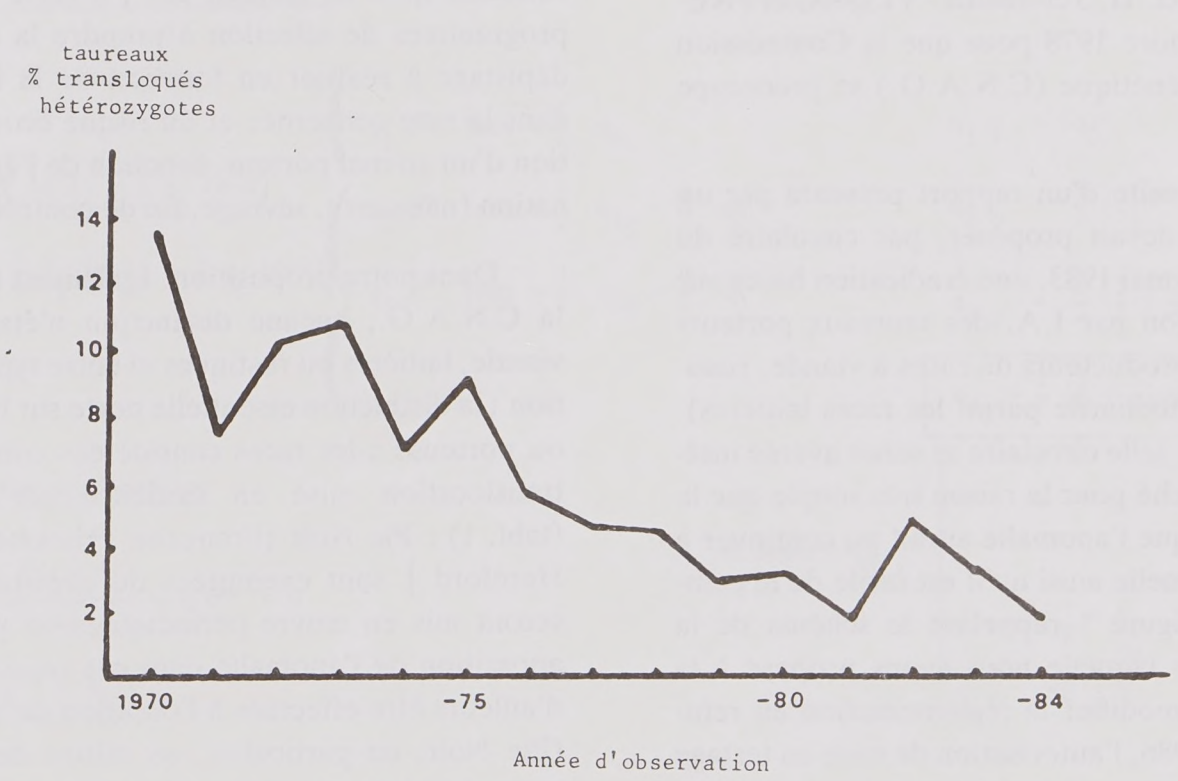


FIG. 3 : *Fréquence des taureaux hétérozygotes au cours de la période d'observations. Race Pie Rouge Suédoise*
(Gustavsson, 1985)

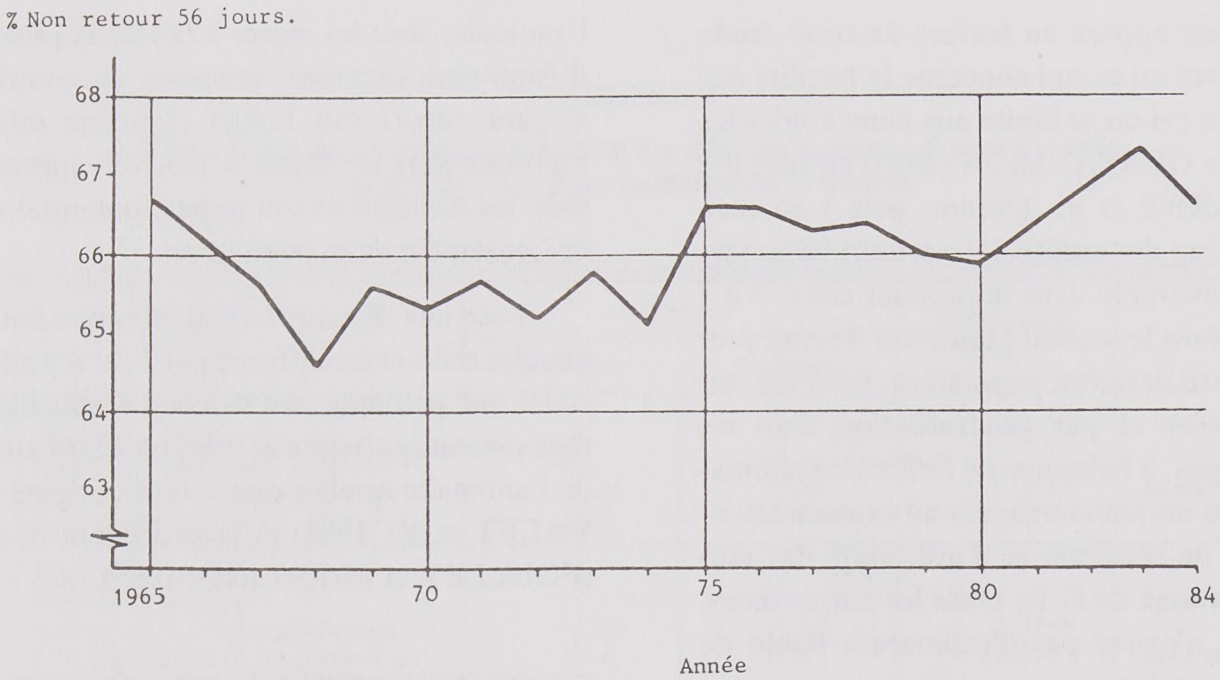


FIG. 4 : *Taux de non retour (56 jours) de la population femelle Pie Rouge Suédoise*
(Gustavsson, 1985)

L'Italie (communication personnelle de SUCCI, 1984, races Romagnole, Chianina, Marchigiana), la Confédération Helvétique (TSCHUDI, 1984), la Hongrie (KOVACS, 1984) ont pris des mesures plus ou moins obligatoires en vue d'éliminer les reproducteurs porteurs destinés à être utilisés en I.A.

La législation la plus ancienne (Suède, 1970) a apporté la preuve de son efficacité ainsi qu'en témoignent les figures 3 et 4 jointes (GUSTAVSSON, 1985). La fréquence observée initialement en race Pie Rouge Suédoise sur les mâles hétérozygotes (14 p.100) a diminué approximativement de 12 points en 14 années (fig. 3) tandis que la fertilité de la population femelle au cours des 15 années (1968 à 1983), exprimée en taux de non retour à 56 jours augmentait d'environ 3 points (fig. 4).

En France, la première préoccupation sérieuse à ce sujet s'est manifestée à l'occasion de l'observation de la réduction de fertilité observée sur les filles du taureau homozygote contrôlées à la station d'Agonges (1972, cf. II, 3 ci-dessus - VISSAC et FREBLING) mais il a fallu attendre 1978 pour que la Commission Nationale d'Amélioration Génétique (C.N.A.G.) se préoccupe officiellement du problème.

Cette commission, à la suite d'un rapport présenté par un groupe de travail en 1979, devait proposer, par circulaire du Ministère de l'Agriculture de mai 1983, une éradication basée sur le refus d'autoriser l'utilisation par I.A. des taureaux porteurs comme pères à taureaux (reproducteurs de races à viande, rustiques ainsi que de race Montbéliarde parmi les races laitières). Toutefois, l'application d'une telle circulaire se serait avérée inefficace vis-à-vis du but recherché pour la raison très simple que la garantie était incomplète et que l'anomalie aurait pu continuer à être transmise par la voie femelle ainsi qu'il est facile de le comprendre à l'examen de la figure 1 rappelant le schéma de la méiose. C'est la raison pour laquelle nous avons proposé à la C.N.A.G (janvier 1985) de modifier la réglementation en refusant, à partir du 1er janvier 1986, l'autorisation de mise au testage ou d'agrément (pour les races non soumises au testage) des taureaux porteurs.

La comparaison de la rapidité d'éradication entre l'inutilisation des taureaux **porteurs** par rapport à celle des porteurs, **pères à taureaux,** montre en outre, selon la figure 5, que dans le deuxième cas il faut **4 générations** pour obtenir le même résultat qu'en 2 générations dans la première exclusive.

En outre, l'application de la circulaire de mai 1983 se serait avérée comme une mesure très sévère à court-terme pour les centres en ne leur permettant plus de conserver des souches intéressantes sur certains critères (charnure, gain quotidien de poids, efficacité alimentaire par exemple) ; par contre la proposition de 1985 permet les accouplements raisonnés à partir de tels reproducteurs sous réserve de s'assurer que les fils ne soient pas porteurs de l'anomalie et sous la réserve évidente de ne pas utiliser de pères à taureaux, homozygotes pour la translocation ; la nouvelle réglementation correspond à une décision logique vis-à-vis de l'utilisateur en protégeant l'éleveur des risques individuels et collectifs qu'il ne connait pas ; il reste aux maîtres d'œuvre de programmes de sélection à prendre la décision sur le stade du dépistage à réaliser en fonction de la fréquence de l'anomalie dans la race concernée et du risque économique, lié à l'élimination d'un animal porteur, fonction de l'âge au moment de l'élimination (naissance, sevrage, fin de contrôle individuel,...).

Dans notre proposition, **également retenue à l'unanimité** par la C.N.A.G., aucune distinction n'était à faire entre races à viande, laitières ou rustiques ni entre types ou niveaux de production ; la distinction essentielle porte sur la notion de race indemne ou porteuse ; les races considérées comme indemnes | aucune translocation mise en évidence sur des effectifs suffisants (tabl. 1) : Pie Noir (Française Frisonne, Holstein), Normande, Hereford | sont exemptées du dépistage ; seuls des sondages seront mis en œuvre périodiquement pour s'assurer de la non apparition de l'anomalie dans ces races. Ces sondages pourront d'ailleurs être effectués à l'occasion de recherche du chimérisme (Pie Noir, en particulier, en raison des naissances gémellaires assez fréquentes). Cette disposition contribuera à réaliser des économies puisqu'au cours des 14 dernières années les trois labo-

ratoires français habilités ont réalisé environ 2000 caryotypes et continuent d'effectuer de telles analyses pour la seule race Pie Noir. Plus de 6000 caryotypes ont été effectués dans le monde sur cette race : or avec cet effectif on a 5 chances sur 100 de ne pas détecter la translocation à une fréquence de 0,0005.

Pour les races actuellement indemnes mais insuffisamment contrôlées (Abondance, Armoricaine ou Pie Rouge des plaines, Maine Anjou, Tarentaise par exemple) la réglementation leur sera appliquée jusqu'à connaissance d'un nombre suffisant de reproducteurs. A titre d'information, il faut examiner 100 ou 150 animaux pour affirmer que la race est indemne avec un risque d'erreur respectivement inférieur à 5 et 2,5 p.100 pour une fréquence d'animaux porteurs dans la race considérée d'au moins 2,5 p.100 ; il nous semble que l'un ou l'autre de ces effectifs pourrait être retenu.

Le coût de l'éradication proposée, 160 000 F, portant environ sur 400 reproducteurs par an pour les races concernées et en comptabilisant une subvention totale du coût des laboratoires correspond au montant de la subvention 1984 d'1,5 taureau testé sur les qualités d'élevage. Il se justifie pleinement en fonction du gain attendu comparé à celui espéré après sélection sur la fertilité. En effet, l'éradication nécessitant pratiquement 2 générations dans le cadre de notre exemple précédent occasionnera un coût équivalent à la subvention de 15 taureaux (1,5 taureau / an $\times$ 5 ans $\times$ 2 générations) ; ce coût est à mettre en rapport avec l'effort de sélection qu'il faudrait entreprendre pour combler un tel handicap de fertilité. Celui-ci équivaut à ce que pourrait apporter la sélection de 2 générations de testage élevage, soit pour une race testant 6 taureaux par an un total de 60 taureaux (MENISSIER et SAPA, 1982) ; ce rapport de coût conduit à la conclusion évidente que l'éradication est tout à fait justifiée sur le plan économique.

En définitive tant vis-à-vis de l'éleveur, du centre de production de semence, de la collectivité raciale que du point de vue de l'effort financier consenti par la collectivité nationale il apparaît que l'éradication retenue est tout à fait justifiée et devrait faire l'objet d'une mise en œuvre dans les délais les plus brefs, compatible, par ailleurs, avec l'action menée par les divers maîtres d'œuvre de la sélection.

Enfin, quant à la position à adopter vis-à-vis de l'import-export, celle-ci peut être plus ou moins sévère en faisant porter l'éradication soit sur les semences, soit sur tous les mâles reproducteurs, soit sur l'ensemble du matériel génétique y compris les parents génétiques des embryons. Cependant, elle se doit avant tout d'être **cohérente** par rapport **aux deux volets concernés.**

Il paraîtrait abusif en effet, hormis pour des motifs protectionnistes, d'exiger beaucoup plus de nos partenaires exportateurs que nous n'exigeons de nous-mêmes, notamment vis-à-vis des races considérées comme indemnes telle la Holstein ; de même, serait-il dangereux de ne pas s'imposer des restrictions à l'exportation à l'encontre des races les plus touchées connaissant les préjudices qui peuvent être encourus y compris de notre côté.

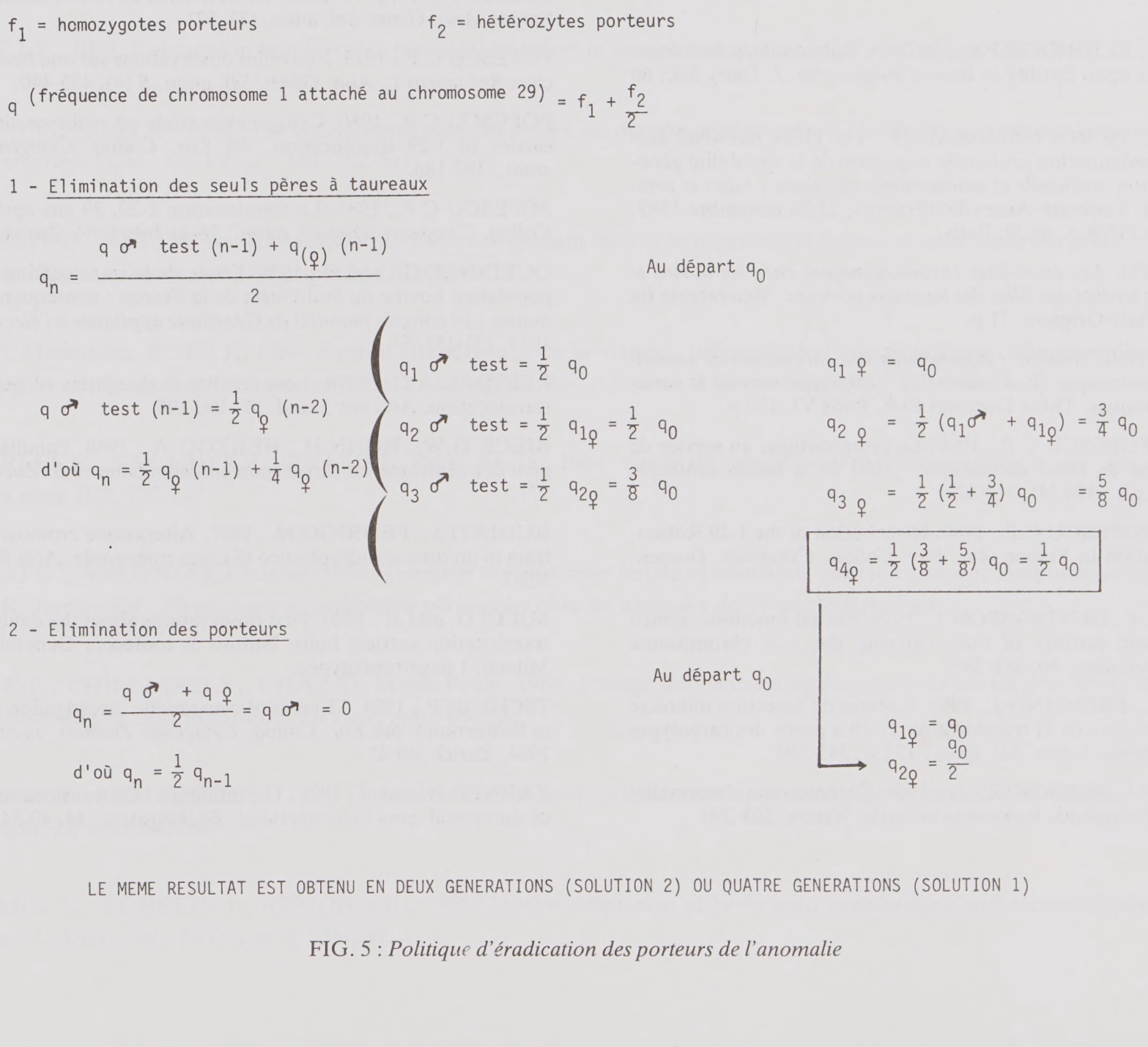


FIG. 5 : *Politique d'éradication des porteurs de l'anomalie*

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout particulièrement à remercier les Dr E.P. CRIBIU et C.P. POPESCU du Laboratoire de Cytogénétique INRA-UNCEIA de Jouy-en-Josas pour avoir mis à notre disposition la documentation et les données du bilan établi dans cette note. Leurs avis et suggestions nous ont été également d'une aide précieuse pour rédiger ce rapport.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude au Dr R. DARRE, ainsi qu'à Madame BERLAND du Laboratoire de Cytogénétique ENV-Toulouse, au Dr FROGET du Laboratoire de Cytogénétique ENV-Lyon, au Dr GUSTAVSSON pour la documentation mise à notre disposition.

Nous remercions enfin MM. GEAY et MALTERRE qui, par leur lecture attentive et leurs critiques, nous ont permis d'améliorer la compréhension de ce texte.

DERNIERE MINUTE

Nous apprenons que la sous-direction de l'élevage du Ministère de l'Agriculture n'a pas retenu l'ensemble des dispositions* cohérentes, impartiales *et* non-discriminatoires *exposées dans cet article et adoptées* à l'unanimité *par le comité consultatif pour l'espèce bovine de la C.N.A.G., réuni le 30 janvier 1985.

Références bibliographiques

AMRUD J., NES N., 1966. Kromosomundersökelser hos dyr medfödte defekter Page 585 in × Nordiska Veterinärmötet. Vol. II, Stockolm.

BETANCOURT A. *and al.,* 1982. Efecto de la fusio centrica 1-29 sobre la fertilidad de la raza Santa Gertrudis. *Rev. Salud anim.,* **4,** 127-132.

BLAZAK W.F., ELDRIDGE F.E., 1977. A Robertsonian translocation and its effect upon fertility in Brown Swiss cattle. *J. Dairy Sci.,* **60** (7), 1133-1142.

CHEVALET C., de ROCHAMBEAU H., VU TIEN KHANG Jacqueline, 1984. Insémination artificielle et gestion de la variabilité génétique. *Insémination artificielle et amélioration génétique : bilan et perspectives critiques.* Toulouse-Auzeville (France), 23-24 novembre 1983. Les colloques de l'INRA, nº 29, Paris.

COSSEC G., 1973. *Les anomalies chromosomiques chez les bovins et leurs effets sur la fertilité des filles des taureaux porteurs.* Mémoire de fin d'études, INA Paris-Grignon, 71 p.

CRIBIU E.P., 1960. *Analyse cytogénétique des chromosomes somatiques du bœuf domestique* (Bos taurus *L.) : caryotype normal et variations chromosomiques.* Thèse Doctorat Etat, Paris VI, 120 p.

CRIBIU E.P., POPESCU C.P., 1980. La cytogénétique au service de l'élevage, fertilité du bœuf domestique : effet de la fusion centrique 1-29. *Rec. Méd. vét.,* **156** (4), 319-322.

CRIBIU E.P., POPESCU C.P., 1980. Distribution of the 1-29 Robertsonian translocation in France. *4th. Eur. Colloq. Cytogenet. Domest. Anim.,* 130-135.

DYRENDHAL I., GUSTAVSSON I., 1979. Sexual functions, semen characteristics and fertility of bulls carrying the 1-29 chromosome translocation. *Hereditas,* **90,** 281-289.

FOULLEY J.L., FREBLING J., 1985. Critères de détection indirecte des taureaux porteurs de la translocation 1/29 à partir des caryotypes de leurs descendants. *Génét. Sél. Evol.,* **17** (3), 341-350.

GUSTAVSSON I., ROCKBORN G., 1964. Chromosome abnormality in three cases of lymphatic leukaemia in cattle. *Nature,* 203-290.

GUSTAVSSON I., 1969. Cytogenetics, distribution and phenotypic effects of a translocation in Swedish cattle. *Hereditas,* **63,** 68-169.

GUSTAVSSON I., 1975a. New information on the reduced fertility of cattle with the 1-29 translocation. Page 184 in 2. *Europaïsche Kolloquium über zytogenetik in veterinärmedizin,* Tierzucht und Säugetierkunde, Giessen.

GUSTAVSSON I., 1979. Distribution and effects of the 1-29 Robertsonian translocation in cattle. *J. Dairy Sci.,* **62** (5), 825-835.

GUSTAVSSON I., 1985. Experience fo the eradicational work for eliminating the 1-29 translocation from the swedish red and white cattle breed. *8th annual Meeting,* 9-12 June, Urbana, 1985.

HARVEY M.J.A., 1971. An autosomal translocation in the Charolais breed of cattle. *Vet. Rec.,* **89,** 110.

HERSCHLER M.S., FECHHEIMER N.S., 1966. Centric fusion of chromosomes in a set of bovine triplets. *Cytogenetics,* **5,** 307.

JACQUARD A., 1970. Structures génétiques des populations. 1ère ed. Masson, Paris.

KING W.A. *and al.,* 1980. Presumptive translocation type trisomy in embryos sire by bulls heterizygous for the 1-29 translocation. *Hereditas,* **92,** 167-169.

KOVACS A., 1984. Progress in eradication of the 1-29 translocation of cattle in Hungary. *6th Eur. Colloq. Cytogenet. Domest. anim.,* 16-20 July 1984, Zurich, 52-58.

MAURER R.R., VOGT D.W., 1985. Decreased calving efficiency in females carrying the 1-29 chromosome translocation. *8th annual Meeting,* 9-12 June, Urbana, 1985.

MENISSIER F., SAPA J., 1982. Programmes de sélection pour améliorer les performances de reproduction des bovins à viande.*Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **47,** 5-14.

NEL N.D., HARRIS E.J., WEIERMANS J.E., MEYER E.H.H., BRIX K., 1985. A 1-29 chromosome translocation in Southern African Nguni cattle. The identification, occurence and origine of the translocation. *Genet. Sel. Evol.,* **17** (3), 293-302.

POPESCU C.P., 1971. Deux cas nouveaux de fusion centrique chez les bovins. *Ann. Genet. Sel. anim.* (3), 521.

POPESCU C.P., 1973. Nouvelles observations sur une fusion centrique chez *Bos taurus* L. *Ann. Génét. Sél. anim.,***5** (4), 435-440.

POPESCU C.P., 1980. Cytogenetics study on embryos sired by a bull carrier of 1-29 translocation. *4th Eur. Colloq. Cytogénét. Domest. anim.,* 182-186.

POPESCU C.P., 1984. La translocation 1-29, 20 ans après. *6th. Eur. Colloq. Cytogénét. Domest. anim.,* 16-21 July 1984, Zurich 36-39.

QUEINNEC G., and al., 1974. Etude de la translocation 1-29 dans la population bovine du Sud-Ouest de la France : conséquences zootechniques ; *1er congrès mondial de Génétique appliquée à l'élevage,* Madrid, 1974, 131-151.

REFSDAL A.O., 1976. Low fertility in daughters of bulls with 1-29 translocation. *Acta vet. scand.* **17,** 190-195.

RIECK G.W., HÖHN H., HERZOG A., 1968. Familiäres vorkommen der zentromeren chromosomenfusion beim rind. *Zuchthygiene,* **3,** 177.

RUGIATI S., FEDRIGO M., 1967. Alterazione cromosomica riscontrata in un toro acandroplastico di razza romagnola. *Acta Biol. red.,* **38,** 522.

SUCCI G. *and al.,* 1980. First observations about the daughters of 1-29 translocation carriers bulls. Istituto di zootecnia Generale di studi di Milano, 1 page ronéotypée.

TSCHUDI P., 1984. 12 years of cytogenetic investigation in A.I. Bulls in Switzerland. *6th Eur. Colloq. Cytogenet. Domest. anim.,* 16-20 July 1984, Zurich, 40-42.

ZAHNER B. *and al.,* 1979. The influence 1-29 translocation on fertility of simmental cows in Switzerland. *Zuchthygiene,* **14,** 49-54.

Articles scientifiques parus en 1984

AGABRIEL J., LIENARD G., 1984. Facteurs techniques et économiques influençant la production de poulains de boucherie d'un an. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

AGABRIEL J., MARTIN-ROSSET W., ROBELIN J., 1984. Croissance et besoins du poulain. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

ARNAUD J., BELLANGER J., CHAPPUIS P., FAVIER A., GALLIOT M., 1984. Recommandations pour la mesure de la concentration du cuivre sérique par spectrométrie d'absorption atomique en flamme. *I.S.B.,* **10,** 2, 71-78.

ARNAUD J., BELLANGER J., CHAPPUIS P., FAVIER A., GALLIOT M., 1984. Méthode recommandée de dosage du zinc sérique par absorption atomique en flamme. *I.S.B.,* **10,** 2, 79-88.

ATTAIX D., MESLIN J.C., COMBE Etiennette, 1984. Intestinal epithelium renewal time in the young lamb. *Nutr. Rep. Int.,* **29,** (3), 689-697.

BARLET J.P., 1984. Métabolisme minéral : besoins et apports. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

BARLET J.P., 1984. Calcitonion regulates Ca placental transfert in sheep. *Calcif. Tissue Int.,* **36,** (suppl. 2), 109.

BARLET J.P., ROSS R., 1984. The influence of calcium intake on plasma calcium and 1,25-dihydroxycholecalciferol concentrations in parturient cows. *Br. Vét. J.,* **140,** 392-397.

BAUCHART D., VERITE R., REMOND B., 1984. Long-chain fatty acid digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn. *VCan. J. Anim. Sci.,* **64** (suppl.), 330-331.

BONNET Madeleine, KOPP J., 1984. Essai d'attendrissage de la viande : influence de l'injection d'une collagénase bactérienne non pathogène sur la tendreté de muscles riches en collagène. *Sci. Aliments,* **4** (nºhors série III), 213-218.

BUCHARLES C., GIRARD J.P., SIRAMI J., PASCAL G., 1984. Essais de caractérisation d'un saucisson acide. *Sci. Aliments,* **4,** (nº hors série III), 137-143.

CABELLO G., WRUTNIAK Chantal, 1984. Fonction thyroïdienne fœtale et néonatale chez le ruminant : importance physiologique. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

CARTIER P., CHILLIARD Y., CHAZAL Marie-Paule, 1984. Dosage de l'activité lipasique et des acides gras libres du lait par titration automatique colorimétrique. *Le Lait,* **,64,** 340-355.

CHILLIARD Y., LAMBERET G., 1984. La lipolyse dans le lait : les différents types, mécanismes, facteurs de variation, signification pratique. *Le Lait,* **64,** 544-578.

CHILLIARD Y., ROBELIN J., REMOND B., 1984. *In vivo* estimation of body lipid mobilization and reconstitution in dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.,* **64** (Suppl.), 236-237.

CHILLIARD Y., SAUVANT D., 1984. Origine et biosynthèse des lipides et des protéines du lait. In « *La composition chimique du lait et ses incidences technologiques* (36 p). Colloque INRA-ENSAR-INAPG. Rennes. Sept. 84.

CHILLIARD Y., SELSELET-ATTOU G., BAS P., MORAND-FEHR P., 1984. Characteristics of lipolytic system in goat milk. *J. Dairy Sci.*, **67,** 2216-2223.

CONTREPOIS M., 1984. Les propriétés d'adhérence des *Escherichia coli* pathogènes chez le veau. *Rev. Inst. Pasteur Lyon,* **17** (2), 111-117.

COULON J.B., 1984. Comportement alimentaire de bovins croisés Charolais en milieu tropical humide. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays Trop.*, **37** (2), 185-190.

COULON J.B., 1984. Consommation d'eau de boisson par des bovins d'origine européenne en milieu humide. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, **37** (2), 191-196.

COULON J.B., CHAZAL Marie-Paule, CALVEZ C., 1984. Bilan de 15 années d'expérimentations agro-pastorales sur la Station I.R.H.O. de Saraoutou, Vanuatu. *Rév. Elev. Méd. Vét. N.C.,* (2), 29-40.

COSTE M., GOUET Ph., ESCOULA M., 1984. Ampicillin Inactivation in the Caecum of Axenic, Gnotoxenic and Conventional Lambs : Interaction with Resistant or Sensitive *Escherichia coli. J. Gen. Microbiol.,* **130,** 1325-1330.

DARDILLAT C., VALLET A., 1984. Mesures d'hygiène et de ménagement à la période périnatale pour prévenir les maladies néonatales infectieuses des veaux. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

DEMIGNE C., REMESY C., 1984. Métabolisme fœtal et postnatal chez le veau et l'agneau. In R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris, 189-202.

DEMIGNE C., REMESY C., 1984. Stimulation of absorption of volatile fatty acids and minerals in the cecum of rats adapted to a very high fiber diet. *J. Nut.,* **115,** 53-60.

DIDIER R., GUEUX Elyett, RAYSSIGUIER Y., 1984. Magnesium deficiency in the Japanese quail. *Comp. Biochem. Physiol.,* **79 A,** 223-227.

DRANSFIELD E., NUTE G.R., ROBERTS T.A., BOCCARD R., TOURAILLE C., BUCHTER L., CASTEELS M., COSENTINO E., HOOD D.E., JOSEPH R.L., SCHON I., PAARDEKOOPER E.J.C., 1984. Beef quality assessed at european research centres. *Meat Sci.,* **10,** 1-20.

DURAND D., BAUCHART D., LEFAIVRE J., 1984. *In vivo* hepatic balance of lipids and glucose in the calf ; Effects of sorbitol intake. *Can. J. Anim. Sci.,* **64** (Suppl.), 238-239.

FAFOURNOUX P., DEMIGNE C., REMESY C., 1984. Effect of alanine transport on ionic fluxes across the cell membrane in rat liver. *Arch. Int. Physiol. Biochim.,* **92,** 369-378.

FAUCONNEAU B., GAUTHIER D., 1984. Influence of four hours supplemental lighting on growth and occurence of puberty in creole heifers bred in a tropical country. *Trop. Anim. Prod.,* **9,** 81-85.

FONTY G., JOUANY J.P., SENAUD J., GOUET Ph., GRAIN J., 1984. The evolution of microflora, microfauna and digestion in the rumen of lambs from birth to 4 months. *Can. J. Anim. Sci.,* **64** (Suppl.), 165-166.

GALLANT D.J., BOUCHET B., CULIOLI J., 1984. Ultrastructural aspects of spun pea and fababean proteins. *Food Microstructure,* **3,** 175-183.

GEAY Y., 1984. Energy and protein utilization in growing cattle. *J. Anim. Sci.,* **58,** 766-778.

GIRARDEAU J.P., 1984. L'adhésion des bactéries aux surfaces. *Rev. Inst. Pasteur Lyon,* **17** (2), 107-110.

GISSEL-NIELSEN G., GUPTA U.C., LAMAND M., WESTERMARCK T., 1984. Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. In : *Advances in Agronomy,* **37,** 398-453.

GOUET Ph., CONTREPOIS M., YVORE P., NACIRI M., MARTEL J.L., 1984. Les infections bactériennes du tube digestif et leur prévention. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

GOUET Ph., FONTY G., JOUANY J.P., NEBOUT J.M., 1984. Cellulolytic bacteria establishment and rumen digestion in lambs isolated after birth. *Can. J. Anim. Sci.,* **64** (Suppl.), 163-164.

GOUET Ph., YVORE P., NACIRI M., CONTREPOIS M., 1984. Influence of digestive microflora on parasite development and the pathogenic effect of *Eimeria ovinoidalis* in the axenic, gnotoxenic and conventional lamb. *Res. Vet. Sci.,* **36,** 21-23.

GRENET Elisabeth, 1984. Wet sieving technique for estimating particle size in Herbivore digesta. in « *Techniques in particle size analysis of feed and digesta in ruminants* ». (P.M. Kenneddy, editor). Edmonton : Canadian Society of Animal Science (sous presse).

GRENET Elisabeth, MARTIN-ROSSET W., CHENOST M., 1984. Compared size and structure of plant particles in the horse and the sheep feces. *VI. Int. Symp. on Ruminant Physiology Control of Digestion and Metabolism in Ruminants,* Banff, Alberta, Canada, 10-14 September 1984. *Can. J. Anim. Sci.,* **64** (Suppl.), 345-346.

GUEUX Elyett, RAYSSIGUIER Y., PIOT M.C., ALCINDOR L., 1984. Reduction of plasma lecithincholesterol Acyl-transferase activity by acute Magnesium deficiency in the rat. *J. Nutr.,* **114,** 1479-1483.

HOULIER B., VALIN C., MONIN G., SALE P., 1984. Effect of muscle type on electrical stimulation efficiency. *Sci. Aliments,* **4,** 167-175.

HYNES Miriam, LAMAND M., MONTEL G., MASON J., 1984. Some studies on the metabolism and the effects of ^{99}Mo- and ^{35}S- labelled thiomolybdates after intravenous infusion in sheep. *Brit. J. Nutr.,* **52,** 149-158.

JARRIGE R., TISSERAND J.L., 1984. Métabolisme, besoins et alimentation azotés du cheval. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

LAMAND M., 1984. Zinc deficiency in ruminants. *Ir. Vet. J.,* **38,** 40-47.

LAMAND M., LAB C., MIGNON M., TRESSOL J.C., 1984. Mise au point d'un régime carencé en zinc pour ruminants. Diagnostic et traitement de la carence. *Ann. Biol. Clin.,* **42,** 155 (Abstr.).

LAMAND M., LAB C., MIGNON M., TRESSOL J.C., 1984. Influence du niveau protéique sur la carence en zinc chez l'agneau. *Ann. Biol. Clin.,* **42,** 159.

LABADIE J., BOUCHETEIL Micheline, LAROCHE M., 1984. Influence du chauffage à 55° C de la viande de bœuf sur la croissance de *Clostridium perfringens* et de *Staphylococcus aureus. Zbl. Bakt. Hyg. J. Abt. Orig.,* **B178,** 542-550.

LABADIE J., DOUMBIA M., 1984. Dénombrement rapide des bactéries isolées des carcasses de bœuf, de porc et de mouton par une méthode à la résazurine. *Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig.,* **B179,** 217-224.

LASSAUT B., SYLVANDER B., TOURAILLE C., SAUVAGEOT F., 1984. L'évaluation comparée des propriétés sensorielles de deux produits, identiques par leurs caractéristiques d'usage mais différenciés et substituables lors de l'acte d'achat. *Sci. Aliments,* **4** (n° hors série III), 33-39.

LE NEINDRE P., 1984. *La relation mère-jeune chez les bovins, influence de l'environnement social et de la race.* Thèse de Doctorat d'Etat présentée à l'Université de Rennes.

LE NEINDRE P., POINDRON P., 1984. Le comportement maternel des ruminants et son influence sur la vitalité et la survie des agneaux et des veaux. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

LE NEINDRE P., SOURD C., 1984. Influence of rearing conditions four birth to six months of age on subsequent social behaviour of Friesian and Salers heifers. *Appl. Anim. Behav. Sci.,* **12,** 43-52.

LE PONCIN-LAFFITE M., MARTIN P., RAPIN J.R., DURLACH J., GODARD J.P., RAYSSIGUIER Y., 1984. Behavioral studies in adult magnesium deficient rats. *Magnesium Bull.,* **1,** 17-22.

LEVIEUX D., 1984. Transmission de l'immunité passive colostrale : le point des connaissances. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

LIENARD G., MARTIN-ROSSET W., 1984. Productivité des troupeaux de juments allaitantes. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

MARTIN-ROSSET W., ANDRIEU J., VERMOREL M., 1984. Nutritive value of horse feeds. Feed value tables. *35th Animal Meeting of the EAAP.* 6-8 August - The Hague (NL) - Commission on horse production - session V - Horse Nutrition, p. 21.

MARTIN-ROSSET W., ANDRIEU J., VERMOREL M., DULPHY J.P., 1984. Valeur nutritive des aliments pour le cheval. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

MARTIN-ROSSET W., DOREAU M., 1984. Consommation d'aliments et d'eau par le cheval. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

MARTIN-ROSSET W., DOREAU M., 1984. Besoins et alimentation de la jument. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

MARTIN-ROSSET W., TRILLAUD-GEYL Catherine, 1984. Exploitation des troupeaux de juments lourdes allaitantes. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

MARTIN-ROSSET W., TRILLAUD-GEYL Catherine, JUSSIAUX M., AGABRIEL J., LOISEAU P., BERANGER C., 1984. Exploitation du pâturage par le cheval en croissance ou à l'engrais. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

MENISSIER F., PETIT M., 1984. Poids et vitalité des veaux à la naissance : leurs implications zootechniques. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

NOEL P., CULIOLI J., MELCION J.P., GOUTEFONGEA R., COQUILLET R., 1984. Coloration par la nitrosylhémoglobine de protéines végétales texturées par cuisson-extrusion. *Lebensm.-Wiss. Technol.,* **17,** 305-310.

NOEL Y., SALE P., 1984. Theoritical responses of different rheological models to a sinusoidal compression in a transient state. *J. Texture Stud.,* **15,** 115-130.

OBLED A., OUALI A., VALIN C., 1984. Cysteine proteinase content of rat muscle lysosomes. Evidence for an unusual proteinase activity. *Biochimie,* **66,** 609-616.

OUALI A., 1984. Sensivity to ionic strength of Mg-Ca-enhanced ATPase activity as an index of myofibrillar ageing in beef. *Meat Sci.*, **11,** 79-88.

PATUREAU-MIRAND Ph., 1984. Métabolisme azoté chez le fœtus et le nouveau-né. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

POINDRON P., LE NEINDRE P., LEVY F., KIVERNE E.B., 1984. Les mécanismes physiologiques de l'acceptation du nouveau-né chez la brebis. *Biol. Comp.*, **9,** 65-88.

PRADIER P., DALLE M., TOURNAIRE C., DAVICCO Marie-Jeanne, DELOST P., 1984. Activation de l'axe hypophyso-surrénalien par le CRF et l'ADH chez le mouton. *J. Physiol.* Paris, **79,** 83A.

RAIBAUD P., CONTREPOIS M., 1984. Colonisation microbienne du tube digestif. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

RAYSSIGUIER Y., 1984. Role of magnesium and potassium in the pathogenesis of arteriosclerosis. *Magnes. exp. clin. Res.*, **3,** 226-238.

REMESY C., DEMIGNE C., CONTREPOIS M., 1984. Traitement des diarrhées néonatales : réhydratation et antibiothérapie. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

RENERRE M., 1984. Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. *Sci. Aliments,* **4,** 567-584.

RICHET E., DAVICCO Marie-Jeanne, DALLE M., BARLET J.P., 1984. Réponse surrénalienne du jeune veau à l'hypoglycémie induite par l'insuline. *J. Physiol.* Paris, **79,** 83A.

RICHET Elisabeth, SAFWATE A., DAVICCO Marie-Jeanne, DALLE M., BARLET J.P., 1984. Fonction corticosurrénalienne chez le jeune veau. In : R. Jarrige Ed. *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

ROBELIN J., 1984. Prediction of body composition *in vivo* by dilution technique. In : Lister Ed., « in vivo *measurement of body composition in meat animals* ». Elsevier London, 106-112.

ROBELIN J., BOCCARD R., MARTIN-ROSSET W., JUSSIAUX M., TRILLAUD-GEYL Catherine, 1984. Caractéristiques des carcasses et qualités des viandes de cheval. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

ROBELIN J., CHILLIARD Y., 1984. Lipid deposition and adipose tissue metabolism in young calves ; effect of level food intake. In « *Control and Manipulation of animal growth* ». 43rd Easter School in Agricultural Science. Nottingham.

ROBELIN J., VILLETTE Yseult, ETIENNE M., 1984. Coissance et développement corporel au cours de la période périnatale. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

ROUFFET J., DALLE M., DAVICCO Marie-Jeanne SAFWATE A., 1984. Influence d'un régime hypo ou hypersodé sur l'aldostérone et le cortisol plasmatique chez la vache et son fœtus en fin de gestation. *J. Physiol.,* Paris, **79,** 84A.

SAFWATE A., DALLE M., BARLET J.P., 1984. Influence de l'aldostérone ou d'un bloqueur de la réabsorption tubulaire du sodium sur le métabolisme hydrominéral du veau nouveau-né. *J. Physiol.,* Paris, **79,** 84A.

SAFWATTE A., DALLE M., DAVICCO Marie-Jeanne, BARLET J.P., 1984. Aldostéronémie et métabolisme hydrominéral de l'agneau nouveau-né. Influence du mode de délivrance. *J. Physiol.,* Paris, **79,** 15A-16A.

SALE P., NOEL Y., LASTEYRAS A., OLEON C., 1984. A sinusoidal compression system to study rheological properties of foods in the transient state. *J. Texture Stud.*, **15,** 103-114.

SELSELET-ATTOU G., CHILLIARD Y., BAS P., MORAND-FEHR P., 1984. Comparaison de deux méthodes de dosage des acides gras libres du lait de chèvre. *Le Lait,* **64,** 72-84.

TARRANT P.V., LACOURT A., 1984. Effect of glycocorticoïd, insulin and glucose treatment on muscle glycogen content in stressed young bulls. *Br. Vet. J.*, **140,** 337-346.

TOURAILLE C., 1984. Qualité de l'évaluation de l'intensité sucrée de solutions au moyen d'une épreuve de notation, sans présence de témoin. *Sci. Aliments,* **4** (n° hors série III), 99-104.

TREILHOU-LAHILLE F., LASMOLES F., TABOULET J., BARLET J.P., MILHAUD G., MOUKHTAR M.S., 1984. Ultimobranchial gland of the domestic fowl. Two types of secretory cells unvolved in calcitonin metabolism. *Cell. Tissue Res.*, **235,** 439-448.

TRILLAUD-GEYL Catherine, JUSSIAUX M., AGABRIEL J., MARTIN-ROSSET W., 1984. Méthodes de production et d'alimentation à l'auge du poulain en croissance et à l'engrais. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

TRILLAUD -GEYL Catherine, MARTIN-ROSSET W., JUSSIAUX M., 1984. La monte en liberté. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

VALIN C., PINKAS A., DRAGNEV H., BOIKOVSKI S., POLIKRONOV D., 1984. Comparative study of buffalo meat and beef. *Meat Sci.*, **10,** 69-84.

VERMOREL M., DARDILLAT C., VERNET J., SAIDO, DEMIGNE C., 1984. Thermorégulation de l'agneau et du veau nouveau-nés. In : R. Jarrige Ed., *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

VERMOREL M., JARRIGE R., MARTIN-ROSSET W., 1984. Métabolisme et besoins énergétiques du cheval. Le système des UFC. In : R. Jarrige, W. Martin-Rosset Ed., *Le Cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation.* INRA, Paris, 1984.

VIGNERON P., NOUGUES J., BACOU F., VALIN C., ASHMORE C.R., 1984. An attempt to correlate early muscle characteristics with carcass traits at slaughter in lambs. *Livest. Prod. Sci.*, **11,** 195-205.

VILLETTE Yseult, HAVET A., TCHAMITCHIAN L., MORAND-FEHR P., THERIEZ M., RICORDEAU G., 1984. Viabilité de l'agneau et du chevreau nouveau-nés. Poids à la naissance et types génétiques. In : R. Jarrige Ed. *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme.* INRA, Paris.

WRUTNIAK Chantal, CABELLO G., 1984. Thyroid hormone action on the lipolytic effect of norepinephrine in the newborn lamb. *Ann. Endocrinol.*, **45** (1), 27.

Articles techniques parus en 1984

BAZIN S., AUGEARD P., CARTEAU M., CHAMPION H., CHILLIARD Y., CUYLLE G., DISENHAUS C., DURAND G., ESPINASSE R., GASCOIN A., GODINEAU M., JOUANNE D., OLLIER A., REMOND B., 1984. Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie Noires. Brochure R.N.E.D. (Ed. ITEB) (31 p.).

BOCCARD R., 1984. L'abattage : technologies modernes. *Pâtre,* **319,** 65-68.

BROCHART M., BARNOUIN J., CHASSAGNE Michelle, FAYE B., FAYET J.C., 1984. Vaches laitières : contribution des enquêtes écopathologiques à l'établissement des programmes sanitaires. Les Entretiens de Bourgelat. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon. Fondation Marcel Mérieux. Editeur.

BROCHART M., BARNOUIN J., FAYET J.C., 1984. Les mammites dans l'enquête Eco-Pathologique Continue en élevages-observatoires. *G.T.V.,* 84-5-B-267.

CALDERON F., GIRARD J.P., 1984. Test pour mesurer les transferts d'eau et de gras dans un produit carné divisé, type pâté. *Filière Viande,* **66,** 59-61.

CHAZAL M.P., CARTIER P., CHILLIARD Y., FLECHET J., BAUCHART D., DUBOISSET F., MEYER M., 1984. Dosage des acides gras libres du lait par la méthode BDI. *Cah. Tech. INRA,* **6,** 17-27.

CHILLIARD Y., BAUCHART D., CARTIER P., CHAZAL M.P., DUBOISSET F., MEYER M., FLECHET J., 1984. Etude méthodologique sur le dosage des acides gras libres du lait de vache, aspects quantitatifs et qualitatifs. *Cah. Tech. INRA,* **6,** 29-44.

COMBE Etiennette, 1984. Injection intrapéritonéale d'un marqueur au rat adulte. *Cah. Tech. INRA,* **7,** 29-33.

CONTREPOIS M., VALLET A., 1984. Cryptosporidiose et diarrhée néo-natale en élevage bovin. *Point Vét.,* **16** (81), 235-241.

DEMARQUILLY C., 1984. L'ensilage de maïs pour les bovins. *Agromaïs,* **29,** 22-23.

DEMARQUILLY C., 1984. Valeur nutritive et utilisation de la luzerne, notamment en ensilage. Journée ACAFF du 14/9/84.

DENOYER C., CALDERON F., 1984. Méthode d'appréciation de la structure des pâtes fines par détermination de la taille des particules. *Cah. Tech. INRA,* **7,** 21-28.

DULPHY J.P., 1984. La technique de l'ensilage. *Plasticulture,* **63,** septembre, 2-14.

DULPHY J.P., 1984. Le préfanage court : une bonne solution avant d'ensiler. *Elev. Bovin,* juin, **140,** 34-36.

FAUCONNEAU G., 1984. Protéines végétales en alimentation humaine. *Cultivar,* Spécial Oléoprotéagineux, **173,** 140, juin 1984.

GIRARD J.P., 1984. Les composantes de la qualité de la viande et du tissu adipeux. *Filière Viande,* **64,** 62-65.

GIRARD J.P., 1984. Qualités et défectuosités des produits fumés. *Filière Viande,* **73,** 39-43.

GIRARD J.P., DENOYER C., 1984. Les pâtes fines. 3ème partie : les propriétés de « surface » des protéines viande. Pouvoirs émulsifiant et moussant. *Viandes Prod. carn.* **5** (1), 21-28.

GIRARD J.P., DENOYER C., 1984. Les pâtes fines. 4ème partie : le pouvoir gélifiant des protéines viandes. *Viandes Prod. carn.* **5** (4), 159-161.

GIRARD J.P., TOURAILLE C., 1984. Viandes hachées. Teneur optimum en gras à la dégustation et comportement à la cuisson. *Filière Viande,* **70,** 47-50.

JEANNIN M., GAREL J.P., BERANGER C., MICOL D., 1984. Utilisation de prairies permanentes et temporaires par un troupeau de vaches allaitantes en zone de demi-montagne humide. *Fourrages,* **98,** 19-39.

LACOURT P., LACOURT A., 1984. Un analyseur d'images simple construit par la Société SEIN. *Cah. Tech. INRA,* **7,** 35-42.

LAMAND M., 1984. Réalisation de transparents pour rétroprojection ou de diapositives à partir de figures ou tableaux. *Cah. Tech. INRA,* **3,** 69-75.

LEVIEUX D., 1984. Transmission de l'immunité colostrale chez le veau. *Point Vét.,* **16,** 82, 33-38.

MONTEL Marie-Christine, LABADIE J., DUBERTRAND B., 1984. Effet de la stimulation électrique sur la qualité bactériologique des viandes de bœuf conservées sous vide. *Viandes Prod. carn.,* **5** (2), 46-47.

MONIN G., 1984. Qualités technologiques des viandes porcines. Tissus maigres. *RTVA,* **197,** 10-13.

OMOLOSHO D.A., GIRARD J.P., KOPP J., 1984. Problèmes technologiques liés à la dessication des viandes crues et cuites. *Ind. alimen. agric.,* **12,** 1221-1228.

OUALI A., 1984. Le désossage à chaud et les conséquences connues scientifiquement. *Viandes Prod. carn.,* **5** (3), 95-98.

RAYSSIGUIER Y., DEMIGNE C., REMESY C., 1984. Le traitement des diarrhées néonatales par les réhydratants. *Bull. G.T.V.,* **1,** 15-16.

SALE P., 1984. Perspectives d'automatisation du désossage précoce des bovins. *Génie rural,* **11,** 26-28.

TOURAINE B., VIGNERON P., TOURAILLE C., PRUD'HON M., 1984. Influence des conditions d'élevage sur les caractéristiques des carcasses et de la viande d'agneaux Mérinos d'Arles. *Bull. tech. Elev. Ovin,* **4,** 29-33.

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
Directeurs de la Publication : C. MALTERRE et A. HODEN

I.N.R.A. Publications - Route de St-Cyr - 78000 Versailles
Dépôt légal : 4ème trimestre 1985
N° C.P.P.A.P. : 573 ADEP